

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет  
им. Н.И. Лобачевского»**

УТВЕРЖДЕНО  
решением  
Ученого совета ННГУ  
протокол от  
«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 202\_ г. № \_\_\_\_\_

**Рабочая программа дисциплины**

**Основы квантовой оптики**

(наименование дисциплины (модуля))

**Уровень высшего образования**

**магистратура**

(бакалавриат / магистратура / специалитет)

**Направление подготовки / специальность**

**03.04.02 Физика**

(указывается код и наименование направления подготовки / специальности)

**Направленность образовательной программы**

**магистерская программа "Квантовые и нейроморфные технологии"**

(указывается профиль / магистерская программа / специализация)

**Квалификация (степень)**

**магистр**

(бакалавр / магистр / специалист)

**Форма обучения**

**очная**

(очная / очно-заочная / заочная)

**Год начала обучения**

**2023**

(для обучающихся какого года начала обучения разработана Рабочая программа)

Нижний Новгород

## **1. Место и цели дисциплины в структуре ОПОП**

Дисциплина «Основы квантовой оптики» относится к дисциплинам вариативной части основной образовательной программы по направлению подготовки 03.04.02 Физика.

### **Цель освоения дисциплины «Основы квантовой оптики»**

Дисциплина позволит сформировать у слушателей понимание современных теоретических и практических знаний в области квантовой и статистической оптики. В рамках данного курса будут рассмотрены наиболее распространенные квантовые состояния света, методы их описания, приготовления, преобразования, измерения и применения в практических задачах квантовых вычислений, квантовой связи и квантовой метрологии.

## **2. Структура и содержание дисциплины**

Объем дисциплины «Основы квантовой оптики» составляет 3 зачетных единицы, всего 108 часов, из которых 34 часа составляет контактная работа обучающегося с преподавателем (2 часа – мероприятия промежуточной аттестации; 16 часов занятия лекционного типа, 16 часов занятия семинарского типа (практические занятия), в том числе 2 часа – мероприятия текущего контроля успеваемости), 74 часа составляет самостоятельная работа обучающегося (38 часов самостоятельная работа в течение семестра, 36 часов самостоятельная работа при подготовке к промежуточной аттестации).

### Содержание дисциплины «Основы квантовой оптики»

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины	Всего (часы)	В ТОМ ЧИСЛЕ				Самостоятельная работа в течение семестра, часы
		контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем) в течение семестра, часы, из них				
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Занятия лабораторного типа	Всего	
1. Классическая теория излучения	9	2	2	—	4	5
2. Квантование электромагнитного поля	9	2	2	—	4	5
3 Квантовая теория взаимодействия излучения с веществом	9	2	2	—	4	5
4. Оптические уравнения Блоха	10	2	2	—	4	6
5. Резонаторы и волноводы	10	2	2	—	4	6
6. Взаимодействие двухуровневых систем и резонаторов	10	2	2	—	4	6
7. Квантовые состояния. Фоковские и когерентные состояния	10	2	2	—	4	6
8. Теория Вайскопфа-Вигнера спонтанного излучения	10	2	2	—	4	6
9. Перепутанные состояния	10	2	2	—	4	6
10. Диссипация в квантовой механике	10	2	2	—	4	6
В т.ч. текущий контроль	2	2				—
Промежуточная аттестация – экзамен						

### 3. Образовательные технологии

- 1) Чтение лекций;
- 2) сопровождение лекций написанием и выводом формул, построением графиков, изображением рисунков на доске;
- 3) методика «вопросы и ответы»;
- 4) выполнение практического задания у доски;
- 5) индивидуальная работа над практическим заданием;
- 6) работа в парах над практическим заданием;
- 7) работа в малых группах над практическим заданием;
- 8) методика «мозговой штурм».

#### **4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся**

Самостоятельная работа обучающихся предполагает изучение конспектов лекций, выделенных разделов основной литературы, а также дополнительной литературы, выполнение практических заданий, отвечающих изучаемым разделам дисциплины, подготовку к промежуточной аттестации.

Перечень основной и дополнительной литературы для самостоятельного изучения приведен в п. 7 настоящей Рабочей программы дисциплины.

Контрольные вопросы для промежуточной аттестации, примеры практических заданий приведены в п. 6.3 настоящей Рабочей программы дисциплины.

#### **5. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников)**

<b>Формируемые компетенции</b>	<b>Планируемые результаты обучения по дисциплине</b>
ПК-2 Способен самостоятельно анализировать, не предвзято оценивать и ориентироваться в передовых теоретических концепциях и достижениях современной физики	(ПК-2) <b>Знать</b> основные физические принципы описания явлений в квантовой оптике. (ПК-2) <b>Уметь</b> решать типовые задачи квантовой оптики. (ПК-2) <b>Владеть</b> навыками решения основных типов задач квантовой оптики.

#### **6. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине**

##### **6.1. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине**

Промежуточной аттестацией для дисциплины «Теория оптических явлений в полупроводниках и полупроводниковых структурах» является экзамен.

По итогам экзамена выставляется оценка по семибалльной шкале: оценки «Плохо» и «Неудовлетворительно» означают отсутствие аттестации, оценки «Удовлетворительно», «Хорошо», «Очень хорошо», «Отлично» и «Превосходно» выставляются при успешном прохождении аттестации.

##### **6.2. Процедуры и критерии оценивания результатов обучения по дисциплине**

Для оценивания результатов обучения в виде знаний используются следующие процедуры и технологии:

- индивидуальное собеседование (промежуточная аттестация).

Контрольные вопросы для индивидуального собеседования представлены в п. 6.3 настоящей Рабочей программы дисциплины.

Для оценивания результатов обучения в виде умений и навыков используются следующие процедуры и технологии:

- выполнение практических заданий (текущий контроль, промежуточная аттестация).

Примеры практических заданий для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации представлены в п. 6.3 настоящей Рабочей программы дисциплины.

Критериями оценивания являются полнота знаний, наличие умений и владений (навыков), перечисленных в п. 5 настоящей Рабочей программы дисциплины.

**«Плохо»** – обучающийся не продемонстрировал никаких знаний об основных теоретических разделах курса, не показал никаких умений и навыков выполнения практических заданий;

**«Неудовлетворительно»** – обучающийся не продемонстрировал представления об основных теоретических разделах курса, не показал минимально допустимый уровень умений и навыков выполнения практических заданий;

**«Удовлетворительно»** – обучающийся продемонстрировал изложение формулировок основных теоретических положений курса и успешно показал умения и навыки выполнения практических заданий базового уровня сложности;

**«Хорошо»** – обучающийся продемонстрировал связное изложение основных теоретических положений курса и успешно показал умения и навыки выполнения стандартных практических заданий;

**«Очень хорошо»** – обучающийся продемонстрировал связное изложение практически всех теоретических положений курса и успешно показал умения и навыки выполнения стандартных практических заданий;

**«Отлично»** – обучающийся продемонстрировал связное изложение всех теоретических положений курса и успешно показал умения и навыки выполнения практических заданий повышенного уровня сложности;

**«Превосходно»** – обучающийся продемонстрировал уровень знаний в объеме, превышающем стандартную программу подготовки, и продемонстрировал

творческий подход к выполнению практических заданий повышенного уровня сложности.

6.3. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения

6.3.1. При проведении промежуточной аттестации обучающимся предлагаются следующие контрольные вопросы, охватывающие программу дисциплины «Квантовая оптика»:

1. Классическая теория излучения.
2. Квантование электромагнитного поля.
3. Квантовая теория взаимодействия излучения с веществом.
4. Оптические уравнения Блоха.
5. Резонаторы и волноводы.
6. Взаимодействие двухуровневых систем и резонаторов.
7. Квантовые состояния. Фоковские и когерентные состояния.
8. Теория Вайскопфа-Вигнера спонтанного излучения.
9. Перепутанные состояния.
10. Диссипация в квантовой механике.

6.3.2. Примеры практических заданий для практических занятий, самостоятельной работы обучающихся:

1. Найти выражение для стационарного состояния моды в диссипативном резонаторе при внешнем классическом источнике в виде монохроматически колеблющегося диполя.
2. Найти стационарное состояние квантованной моды поля при совместном действии двухфотонного источника и ухода фотонов из резонатора.
3. Нормировать суперпозицию вакуума и некоторого когерентного состояния.

6.3.3. Примеры практических заданий для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации:

1. Численное моделирование оптических уравнений Блоха.
2. Проверка критериев неклассичности для различных квантовых состояний.

3. Определение распределений различных наблюдаемых для различных квантовых состояний.

#### 6.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания

1. Положение «О проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся в ННГУ», утвержденное приказом ректора ННГУ от 13.02.2014 №55-ОД.

2. Положение о фонде оценочных средств, утвержденное приказом ректора ННГУ от 10.06.2015 №247-ОД.

### 7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

#### а) основная литература:

1. Мандель Л., Вольф Э. Оптическая когерентность и квантовая оптика. Москва: Физматлит, 2000. 896 с.
2. Скалли М.О., Зубайри М.С. Квантовая Оптика. Москва: Физматлит, 2003. 512 с.

#### б) дополнительная литература:

1. Салех Б.Е.А., Тейх М.К. Оптика и фотоника. Принципы и применения: Долгопрудный. Интеллект, 2012. Т. 1. – 2012. – 759 с.
2. Салех Б.Е.А., Тейх М.К. Оптика и фотоника. Принципы и применения: Долгопрудный. Интеллект, 2012. Т. 2. – 2012. – 780 с.

#### в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

- 1) пакеты символьной математики Wolfram Mathematica и MathWorks MATLAB;
- 2) Интернет-ресурсы Фундаментальной библиотеки ННГУ  
<http://www.lib.unn.ru/>.

### 8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Материально-техническое обеспечение дисциплины обусловлено наличием учебных аудиторий для проведения занятий, оборудованных специализированной мебелью, меловыми или магнитно-маркерными досками для представления учебной информации большой аудитории. Ресурс мела и маркеров для доски в учебных аудиториях регулярно возобновляется.

Для практических занятий, связанных с работами на персональных компьютерах, используются терминал-классы, оборудованные в соответствии с требованиями охраны труда.

ННГУ обеспечен всем необходимым программным обеспечением для проведения практических занятий, связанных с работами на персональных компьютерах.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся (на базе Фундаментальной библиотеки ННГУ) оснащены компьютерной техникой с

подключением к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду ННГУ.



Программа составлена в соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 03.04.02 Физика.

Автор(ы):

к. ф.-м. н. \_\_\_\_\_ / Бастракова М.В. /

к. ф.-м. н. \_\_\_\_\_ / Конаков А.А. /

Рецензент(ы):

Зав. кафедрой теоретической физики  
физического факультета,  
д. ф.-м. н., доцент \_\_\_\_\_ / Бурдов В.А. /

Программа одобрена на заседании Учебно-методической комиссии  
физического факультета ННГУ от «\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 202\_ года, протокол  
№ б/н.

Председатель  
Учебно-методической комиссии  
физического факультета ННГУ \_\_\_\_\_ / Перов А.А. /