

МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА»
(РУТ (МИИТ))



Рабочая программа дисциплины (модуля),
как компонент образовательной программы
базового высшего образования
по направлению подготовки
02.03.02 Фундаментальная информатика и
информационные технологии,
утвержденной первым проректором РУТ (МИИТ)
Тимониным В.С.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Квантовая теория поля

Направление подготовки: 02.03.02 Фундаментальная информатика и
информационные технологии

Направленность (профиль): Квантовые вычислительные системы и сети

Форма обучения: Очная

Рабочая программа дисциплины (модуля) в виде
электронного документа выгружена из единой
корпоративной информационной системы управления
университетом и соответствует оригиналу

Простая электронная подпись, выданная РУТ (МИИТ)
ID подписи: 1178210
Подписал: заведующий кафедрой Быков Никита Валерьевич
Дата: 01.06.2026

1. Общие сведения о дисциплине (модуле).

Целями освоения дисциплины (модуля) «Квантовая теория поля» являются:

- формирование компетенций в области теории поля, стохастического анализа полей и анализа когерентных состояний.

- формирование навыков анализа квантованных полей.

Задачами дисциплины (модуля) «Квантовая теория поля» являются:

- изучение основных закономерностей классической теории поля и стохастической оптики;

- изучение теории квантованных полей;

- изучение теории когерентных состояний поля;

- изучение основных методов анализа квантованных полей, механизмов вторичного квантования, диаграммной техники, интегралов по траекториям и теории фазовых переходов 2 рода.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю).

Перечень формируемых результатов освоения образовательной программы (компетенций) в результате обучения по дисциплине (модулю):

ОПК-1 - Способен применять фундаментальные знания, полученные в области математических и (или) естественных наук, и использовать их в профессиональной деятельности;

ПК-1 - Способность свободно владеть профессиональными знаниями для анализа и синтеза физической информации в области физики квантовых вычислений.

Обучение по дисциплине (модулю) предполагает, что по его результатам обучающийся будет:

Знать:

- основные отличия классической теории поля от квантовой теории поля;

- теорию лагранжева и гамильтонова формализма в теории поля;

- основные положения стохастической оптики, интерференции и теории когерентности;

- основные положения квантовой теории поля, теории лазеров, элементы фейнмановской диаграммной техники;

- основные понятия, закономерности и законы в области физики квантовых вычислений.

Уметь:

- определять вид лагранжиана и гамильтониана в различных моделях полей; анализировать явления когерентности в различных ситуациях;
- пользоваться операторами рождения и уничтожения;
- вычислять корреляционные функции;
- использовать профессиональные знания для анализа и синтеза физической информации в области физики квантовых вычислений.

Владеть:

- основными методами анализа квантованных полей;
- методами построения корреляционных функций;
- методами анализа когерентных состояний;
- диаграммной техникой;
- навыками применения методов анализа и синтеза физической информации для решения профессиональных задач.

3. Объем дисциплины (модуля).**3.1. Общая трудоемкость дисциплины (модуля).**

Общая трудоемкость дисциплины (модуля) составляет 3 з.е. (108 академических часа(ов)).

3.2. Объем дисциплины (модуля) в форме контактной работы обучающихся с педагогическими работниками и (или) лицами, привлекаемыми к реализации образовательной программы на иных условиях, при проведении учебных занятий:

| Тип учебных занятий | Количество часов | |
|---|------------------|------------|
| | Всего | Семестр №3 |
| Контактная работа при проведении учебных занятий (всего): | 48 | 48 |
| В том числе: | | |
| Занятия лекционного типа | 32 | 32 |
| Занятия семинарского типа | 16 | 16 |

3.3. Объем дисциплины (модуля) в форме самостоятельной работы обучающихся, а также в форме контактной работы обучающихся с педагогическими работниками и (или) лицами, привлекаемыми к реализации образовательной программы на иных условиях, при проведении промежуточной аттестации составляет 60 академических часа (ов).

3.4. При обучении по индивидуальному учебному плану, в том числе при ускоренном обучении, объем дисциплины (модуля) может быть реализован

полностью в форме самостоятельной работы обучающихся, а также в форме контактной работы обучающихся с педагогическими работниками и (или) лицами, привлекаемыми к реализации образовательной программы на иных условиях, при проведении промежуточной аттестации.

4. Содержание дисциплины (модуля).

4.1. Занятия лекционного типа.

| № п/п | Тематика лекционных занятий / краткое содержание |
|-------|---|
| 1 | Элементы классической теории поля Рассматриваемые вопросы: - лагранжев и гамильтонов формализм; - каноническое квантование; - законы сохранения и симметрии. |
| 2 | Флуктуации классического поля Рассматриваемые вопросы: - флуктуация электромагнитного поля; - феноменологическая теория фотоотчетов; - процесс Пуассона; - усреднение распределения Пуассона по величине, попавшей в детектор энергии; - формула Мандела. |
| 3 | Стохастическая оптика Рассматриваемые вопросы: - корреляционная функция классического сигнала; - спектральная плотность мощности; - теорема Винера-Хинчина. |
| 4 | Когерентность для классического поля Рассматриваемые вопросы: - опыт Юнга; - функция взаимной когерентности; - теорема ван Ситтера-Цернике. |
| 5 | Интерференция для классического поля Рассматриваемые вопросы: - интерферометр Майкельсона, интерферометр Маха-Цендера; - поперечная длина когерентности; - схема Брауна-Твисса. |
| 6 | Квантованное поле Рассматриваемые вопросы: - гармонические полевые моды, их конфигурации в разложении напряженности поля; - переход к оператору напряженности поля; - операторы рождения и уничтожения фотонов; - гамильтониан свободного поля; - каноническое квантование. |
| 7 | Фононы Рассматриваемые вопросы: - тождественность частиц и симметризация волновой функции; - вторичное квантование; |

| № п/п | Тематика лекционных занятий / краткое содержание |
|----------|--|
| | <ul style="list-style-type: none"> - микроскопическая и макроскопическая модели; - деформационный потенциал; - электрон-фононное взаимодействие. |
| 8 | <p>Глауберовская теория атомного детектора</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - пример детектора с двумя атомами; - корреляционные функции квантованного поля; - нормированная функция когерентности. |
| 9 | <p>Когерентные состояния квантованного поля</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - свойства состояния, собственного для положительной частотной части оператора напряженности поля; - когерентное состояние как собственное для оператора уничтожения фотонов; - коэффициенты разложения когерентных состояний по базису Фока. |
| 10 | <p>Анализ когерентных состояний</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - полнота множества когерентных состояний; - глауберовское представление матрицы плотности; - характеристические функции квантованного состояния моды. |
| 11 | <p>Нерелятивистский лазер</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - инверсия заселенностей; - двухуровневая модель; - трехуровневая модель; - когерентность излучения. |
| 12 | <p>«Скоростная» модель лазера</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - порог генерации; - уравнение Фоккера-Планка; - случаи стационарных состояний выше и ниже порога генерации; - приближенное решение для корреляционных функций амплитуды и интенсивности; - сужение линии генерации и замедление флуктуаций интенсивности близи порога генерации. |
| 13 | <p>Модель Джейнса-Каммингса</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - гамильтониан двухуровневого атома в дипольном резонансном приближении; - энергии «одетых» состояний; - осцилляции Раби. |
| 14 | <p>Диаграммная техника</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - функция Грина; - двухточечные корреляционные функции; - фейнмановский пропагатор; - теория возмущений. |
| 15 | <p>Интеграл по траекториям</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - вычисление средних по основному состоянию; - функциональный интеграл для квантовой теории поля; - функция Грина свободного поля; - теория возмущений. |

| № п/п | Тематика лекционных занятий / краткое содержание |
|----------|--|
| 16 | <p>Флуктуационная теория фазовых переходов 2 рода</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - фазовые переходы 2 рода; - модель Изинга; - теория Ландау. |

4.2. Занятия семинарского типа.

Практические занятия

| № п/п | Тематика практических занятий/краткое содержание |
|----------|--|
| 1 | <p>Основы классической теории поля</p> <p>В результате выполнения практического задания студент получает навыки составления лагранжиана и гамильтониана для классических полей, осваивает основные методы анализа флуктуаций классических полей.</p> |
| 2 | <p>Когерентность в классических полях</p> <p>В результате выполнения практического задания студент получает умение решения задач интерференции, определения длины когерентности, построение корреляционных функций сигналов.</p> |
| 3 | <p>Функционалы и вариации</p> <p>В результате выполнения практического задания студент получает навык работы с функционалами, решения задач вариационного исчисления.</p> |
| 4 | <p>Квантованное поле и фононы</p> <p>В результате выполнения практического задания студент получает навык работы с квантованными полями, операторами рождения и уничтожения.</p> |
| 5 | <p>Когерентность в квантовой теории поля</p> <p>В результате выполнения практического задания студент получает навык решения задач определения основных свойств когерентных состояний в квантовой теории поля.</p> |
| 6 | <p>Лазеры</p> <p>В результате выполнения практического задания студент получает навык решения задач в рамках нерелятивистской и «скоростной» моделей лазера.</p> |
| 7 | <p>Диаграммная техника</p> <p>В результате выполнения практического задания студент получает навык решения задач методом фейнмановской диаграммной техники.</p> |
| 8 | <p>Интегралы по траекториям</p> <p>В результате выполнения практического задания студент получает навык вычисления средних по состояниям, использование теории возмущений.</p> |

4.3. Самостоятельная работа обучающихся.

| № п/п | Вид самостоятельной работы |
|----------|--|
| 1 | Подготовка к практическим занятиям. |
| 2 | Работа с лекционным материалом. |
| 3 | Работа с литературой. |
| 4 | Подготовка к промежуточной аттестации. |

| | |
|---|---------------------------------|
| 5 | Подготовка к текущему контролю. |
|---|---------------------------------|

5. Перечень изданий, которые рекомендуется использовать при освоении дисциплины (модуля).

| № п/п | Библиографическое описание | Место доступа |
|-------|---|--|
| 1 | Основы квантовой информации: учеб. пособие для студ. спец. Системы обеспечения движения поездов / Л. М. Журавлева, О. Е. Журавлев; МИИТ. Каф. Автоматика, телемеханика и связь на ж.-д. транспорте. - М.: РУТ (МИИТ), 2018. | https://library.miit.ru/bookscatalog/metod/DC-811.pdf (дата обращения: 12.03.2026). Текст: электронный. |
| 2 | Сальников, А. Н. Физика. Основные принципы : учебник для вузов / А. Н. Сальников. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 408 с. — ISBN 978-5-8114-8300-6. | https://e.lanbook.com/book/193329 (дата обращения: 12.03.2026). Текст: электронный. |

6. Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем, которые могут использоваться при освоении дисциплины (модуля).

Электронно-библиотечная система Научно-технической библиотеки РУТ (МИИТ): <http://library.miit.ru>

Электронно-библиотечная система ЛАНЬ (<https://e.lanbook.com/>).

Образовательная платформа Юрайт (<https://urait.ru/>).

Информационный портал Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU (www.elibrary.ru);

Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов (<http://window.edu.ru>).

7. Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства, необходимого для освоения дисциплины (модуля).

1) Интернет-браузер (Yandex и др.).

2) Microsoft Office.

8. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю).

Для проведения аудиторных занятий по дисциплине используется аудитория, оснащенная мультимедийным оборудованием: проектор, экран, персональный компьютер/ноутбук.

9. Форма промежуточной аттестации:

Зачет в 3 семестре.

10. Оценочные материалы.

Оценочные материалы, применяемые при проведении промежуточной аттестации, разрабатываются в соответствии с локальным нормативным актом РУТ (МИИТ).

Авторы:

заведующий кафедрой, доцент, д.н.
кафедры «Физика»

Н.В. Быков

Согласовано:

Заведующий кафедрой ВССиИБ

Б.В. Желенков

Заведующий кафедрой Физика

Н.В. Быков

Председатель учебно-методической
комиссии

Н.А. Андриянова