

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



Рабочая программа дисциплины (модуля),
как компонент образовательной программы
высшего образования - программы бакалавриата
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: 15.05.2025

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 4 з.е. (144 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 96 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	<p>Элементы классической теории поля</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - лагранжев и гамильтонов формализм; - каноническое квантование; - законы сохранения и симметрии.
2	<p>Флуктуации классического поля</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - флуктуация электромагнитного поля; - феноменологическая теория фотоотчетов; - процесс Пуассона; - усреднение распределения Пуассона по величине, попавшей в детектор энергии; - формула Мандела.
3	<p>Стохастическая оптика</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - корреляционная функция классического сигнала; - спектральная плотность мощности; - теорема Винера-Хинчина.
4	<p>Когерентность для классического поля</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - опыт Юнга; - функция взаимной когерентности; - теорема ван Ситтера-Цернике.
5	<p>Интерференция для классического поля</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - интерферометр Майкельсона, интерферометр Маха-Цендера; - поперечная длина когерентности; - схема Брауна-Твисса.
6	<p>Квантованное поле</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 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	<p>Фононы</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 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
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

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).

Microsoft Windows

Microsoft Office

Интернет-браузер (Yandex и др.)

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

Учебная аудитория для проведения учебных занятий (занятий лекционного типа, практических занятий):

- мультимедийное оборудование, компьютер преподавателя.

Аудитория подключена к сети.

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