

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Московский физико-технический институт  
(национальный исследовательский университет)»

УТВЕРЖДЕНО  
Проректор по учебной работе  
А. А. Воронов  
15 июня 2021 г.

## ПРОГРАММА

по дисциплине: Томография и сжатые состояния  
в квантовой оптике и квантовой механике

по направлению подготовки:

03.04.01 «Прикладная математика и физика»,  
14.04.02 «Ядерная физика и технологии»

физтех-школа: для всех физтех-школ, кроме ФЭФМ, ФПМИ,  
ФАКТ, ФБМФ

кафедра: теоретической физики

курс: 1 (магистратура)

семестр: 1

Трудоемкость:

лекции – 30 часов

Экзамен – 1 семестр

практические (семинарские)

занятия – 30 часов

Курсовые и контрольные работы – 4

ВСЕГО АУДИТОРНЫХ ЧАСОВ – 60 Самостоятельная работа  
– 45 часов

Программу и задание составил д.ф.-м.н., проф.  
В. И. Манько

Программа принята на заседании  
кафедры теоретической физики  
28 мая 2021 года

Заведующий кафедрой  
д.ф.-м.н., профессор

Ю. М. Белоусов

## ТОМОГРАФИЯ И СЖАТЫЕ СОСТОЯНИЯ В КВАНТОВОЙ ОПТИКЕ И КВАНТОВОЙ МЕХАНИКЕ

1. Матрица плотности (оператор плотности).
2. Соотношения неопределенностей Гейзенберга и Шредингера.
3. Волновые пакеты, сжатые состояния.
4. Когерентные состояния. Коррелированные состояния.
5. Интегралы движения, зависящие от времени, для стационарных и нестационарных квантовых систем.
6. Пропагатор (функция Грина) и его связь с интегралами движения.
7. Представление Гейзенберга и интегралы движения в представлении Шредингера.
8. Функция Грина в представлении когерентных состояний (в представлении сжатых состояний).
9. Матрица плотности в представлении Вигнера–Вейля. Символ оператора.
10. Глауберовские  $p$ -представления.
11. Уравнения типа Фоккера–Планка для матрицы плотности в представлениях: координатном, импульсном, когерентных состояний, сжатых состояний, Вигнера–Вейля.
12. Нестационарный осциллятор с переменной частотой под действием возбуждающей силы как модель генерации когерентных, сжатых и коррелированных состояний.
13. Функция распределения фотонов в сжатых и коррелированных состояниях.
14. Фейнмановский интеграл по траекториям в квантовой механике и квантовой оптике.
15. Группы Ли  $SU(2)$ ,  $SU(1, 1)$ ,  $SU(n)$ ,  $ISP(2n, k)$  в задаче о многомодовых сжатых и коррелированных состояниях.
16. Трение и диссипация в квантовой механике, влияние на сжатые состояния.

17. Электрон в магнитном поле, когерентные и сжатые состояния.
18. Вероятности переходов при параметрическом возбуждении многомодовой системы фотонов.
19. Функция распределения в сжатом многомодовом состоянии фотонов и полиномы Эрмита многих переменных.
20. Оптическая томография и измерение квантовых состояний.
21. Вероятностное представление квантовой механики и уравнение Шредингера в форме уравнения Фоккера–Планка.

### Литература

1. Малкин И.А., Манько В.И. Динамические симметрии и когерентные состояния квантовых систем. – Москва : Наука, 1979.

### ЗАДАНИЕ

1. Для гармонического осциллятора с постоянной частотой найти интегралы движения  $\hat{p}_0(t)$  и  $\hat{x}_0(t)$  такие, что они линейны по операторам координаты  $\hat{x}$  и импульса  $\hat{p}$  и при  $t = 0$  совпадают с импульсом и координатой соответственно.
2. То же самое для осциллятора с переменной частотой  $\Omega(t)$ .
3. Построить в задаче 2 интеграл движения  $\hat{a}(t)$ ,  $\hat{a}^+(t)$  с бозонными коммутационными соотношениями. Найти их выражения для случая постоянной частоты.
4. Найти решение уравнения Шредингера для осциллятора с переменной частотой такое, что оно удовлетворяет условию  $\hat{a}(t)\psi_0 = 0$ , где  $\hat{a}(t)$  есть интеграл движения задачи 3.
5. Проверить, что оператор  $\hat{D}(\alpha) = \exp(\alpha\hat{a}^+(t) - \alpha^*\hat{a}(t))$  есть интеграл движения, здесь  $\hat{a}(t)$ ,  $\hat{a}^+(t)$  – интегралы движения задачи 3,  $\alpha$  – произвольное постоянное комплексное число.
6. Построить в явном виде в координатном и импульсном представлениях функцию  $\psi_\alpha = \hat{D}(\alpha)\psi_0$ , где  $D(\alpha)$  – оператор задачи 5,  $\psi_0$  – решение из задачи 4. Доказать, что эта функция является нормированной и удовлетворяет условию  $\hat{a}(t)\psi_\alpha = \alpha\psi_\alpha$ , где  $\hat{a}(t)$  – интеграл движения из задачи 3.

7. Вычислить функцию Грина в представлении когерентных состояний, представлениях координатном и импульсном для системы задачи 2.
8. Вычислить пропагатор в представлении Вигнера–Вейля для системы задачи 2.
9. Вычислить интегралы движения и функцию Грина для осциллятора с вынуждающей силой.
10. Вычислить дисперсии координаты и импульса и коэффициенты сжатия и корреляции в состояниях  $\psi_\alpha$  задачи 6.
11. Построить функцию распределения фотонов в сжатом вакууме, пользуясь задачей об осцилляторе с переменной частотой.
12. Найти маргинальные распределения когерентных и сжатых состояний.
13. Найти маргинальные распределения для возбужденных состояний осциллятора.

Срок сдачи задания задания: 06.12 – 13.12.2021 г.

Подписано в печать 15.06.2021. Формат  $60 \times 84^1/16$ .  
Усл. печ. л. 0,25. Уч.-изд. л. 0,2. Тираж 50 экз. Заказ № 103.  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования «Московский физико-технический институт  
(национальный исследовательский университет)»  
тел.: +7(495)408-58-22, E-mail: rio@mipt.ru

---

Отдел оперативной полиграфии «Физтех-полиграф»  
141700, Моск. обл., г. Долгопрудный, Институтский пер., 9  
тел.: +7(495)408-84-30, E-mail: polygraph@mipt.ru