

Quantum optics

Lecturers:

Vasily Kravtsov

Assistants:

Ilya Volkov

**Language:**

English

Credit points:

6 э.е.

Monitoring type:

Exam / Экзамен

Educational Program:

Nanophotonics

2 семестр

Hybrid Materials

2 семестр

Quantum Materials

2 семестр

Computer Modeling of quantum and nanophotonic systems

2 семестр

Prerequisites:

Фотоника

Специальные разделы квантовой механики

Электродинамика

Lectures (a.h)*	Practice (a.h)	Labs (a.h)
30	8	
*1 academic hour = 45 minutes		

Quantum optics studies the properties of light and light-matter interaction from the grounds of modern quantum mechanics. You will learn the basic quantum concepts of photon and polariton, how one can entangle photons, and find out whether one can violate Heisenberg principle.

The course aims at giving the students the fundamental picture of quantum optics through the basic problems solving. We will focus on the light properties governed by the quantum nature of light, will go into the depths of light-matter interaction, and figure out how this interaction can be enhanced in micro- and nanoresonators. The gives overview of the main theoretical models, however the key experimental techniques will be discussed as well.

Целью данного курса является знакомство студентов с основными понятиями квантовой оптики и рассмотрение базовых задач. Мы подробно изучим эффекты, связанные с квантовой природой света, рассмотрим механизм взаимодействия света с веществом, а также узнаем как это взаимодействие может быть усилено с помощью микро- и нанорезонаторов. В курсе будут представлены не только основные теоретические модели, но также и ключевые экспериментальные методы.

Course content

Квантовая оптика

Структура курса

Topic	Lessons (ac.h.)	Seminar (ac.h)
Part I. Light-matter interaction: semiclassical approach		
1.1. Two-level system in a light field. Rabi oscillations	2	
1.2. Density matrix: from general properties to a twolevel system	2	
1.3. Light interaction with a three level-system		2
Part II. Quantum properties of light		
2.1. Secondary quantization of electromagnetic field	2	
2.2. Fock states and coherent states	2	
2.3. Quantum noise and squeezed states	2	
2.4. Coherence of light and photon detection	2	
Part III. Light-matter interaction: fully quantum picture		
3.1. Two-level system in a quantized field	2	
3.2. Jaynes-Cummings model: polaritons	2	
3.3. Spontaneous relaxation: Weiskopf-Wigner model	2	
3.4. Local density of states and Purcell effect		2
3.5. Optical cavities		2
3.6. Field fluctuations and Langevin equation	2	
3.7. Quantum theory of relaxation. Lindblad equation	2	
3.8. Atom in a cavity. Weak and strong coupling regime	2	
Additional topics		
Quantum entanglement. Bell inequality.	2	
Laser cooling and ultra-cold atoms	2	
Fluctuations driven optical forces		2
Local field operators. Quantization of light in lossy and dispersive media	2	
Разделы	Лекции (ак.ч.)	Практика (ак.ч.)
Часть I. Взаимодействие света с веществом: полуклассический подход		
Двухуровневая система в поле световой волны	2	
Матрица плотности: от общих свойств до двухуровневой системы	2	
Взаимодействие света с трехуровневой системой		2
Часть II. Квантовая природа света		
Вторичное квантование электромагнитного поля	2	
Фоковские и когерентные состояния света	2	
Квантовый шум и сжатые состояния	2	
Когерентность света и детектирование фотонов	2	
Часть III. Взаимодействие света с веществом: квантовая картина		
Двухуровневая система в квантованном поле	2	

Модель Джейнса-Каммингса. Поляритоны	2	
Спонтанная релаксация поля: модель Вайскопфа-Вигнера	2	
Локальная плотность фотонных состояний и эффект Парселла		2
Оптические резонаторы		2
Флуктуации поля и уравнения Ланжевена	2	
Квантовая теория релаксации. Уравнение Линдблада	2	
Атом в резонаторе с потерями: сильная и слабая связь	2	
Дополнительные темы		
Квантовое запутывание. Неравенства Белла	2	
Лазерное охлаждение и ультрахолодные атомы	2	
Оптические силы связанные с флуктуациями поля		2
Локальные операторы поля. Квантование света в среде с дисперсией и потерями	2	

Recommended resources

1. Marlan O. Scully, M. Suhail Zubairy. Quantum Optics. Cambridge University Press.1997. - 656 pp.
2. Leonard Mandel, Emil Wolf. Optical Coherence and Quantum Optics. Cambridge University Press. 1995. - 1134 p.
3. Martin Fox. Quantum Optics: An Introduction. Oxford University Press, 2006. - 400 p.
4. Miguel Orszag. Quantum optics. Springer. 2008 - 414 p.
5. Rodney Loudon. The Quantum Theory of Light. Oxford University Press, 2000 - 448 pp.
6. L. Novotny and B. Hecht, Principles of Nano-Optics. Cambridge University Press, 2012.

Grading Policy

Grading policy:

The final grade is calculated based on the student's progress in homework problem solving, oral examination grade, and score for in-class quizzes according to the following proportions:

Maximum points for homework problem solving: 50

Maximum points for the final oral examination: 40

Maximum points for in-class quizzes: 10

Total maximum points for the course: 100

Политика оценивания:

Итоговая оценка рассчитывается на основе домашних заданий, оценки за устный экзамен и баллов за очные контрольные работы в соответствии со следующими пропорциями:

Максимальное количество баллов за решение домашнего задания: 50.

Максимальное количество баллов за итоговый устный экзамен: 40

Максимальное количество баллов за очные контрольные работы: 10.

Общее максимальное количество баллов за курс: 100