

Methods of computer simulation

Lecturers:

Roman Savelev
Zarina Sadrieva

Assistants:

Artem Larin

**Language:**

English

Credit points:

6 з.е.

Monitoring type:

Экзамен

Educational Program:

Nanophotonics

2 семестр

Hybrid Materials

2 семестр

Quantum Materials

2 семестр

Computer Modeling of quantum and nanophotonic systems

2 семестр

Prerequisites:

Photonics

Computational Electrodynamics I

| Lectures (a.h)* | Practice (a.h) | Labs (a.h) |
|-------------------------------|----------------|------------|
| 32 | 32 | |
| *1 academic hour = 45 minutes | | |

The aim of the course is to provide a general overview as well as some specific details of solving different problems in the area of nano-optics and electrodynamics with commercial software packages "CST Microwave Studio" and "Comsol Multiphysics". The program of the course focuses on such basic problems in nano-optics as - calculation of eigenmodes of optical waveguides, optical resonators, including open resonators, and various periodic nanostructures; - calculation of scattering properties of nanoparticles, resonators and metasurfaces under external far-field excitation; - calculation of emission properties of dipole sources placed near optical nanoantennas, waveguides and cavities. Part of the problems are solved in both CST and Comsol packages, which provides an opportunity to compare them in terms of simplicity of the construction of numerical models, speed and accuracy of the obtained results, and also qualitative difference between the programs. The physics of the considered problems is discussed in other courses, which, on one hand, helps to focus on the aspects of numerical simulation itself, and on the other hand, to improve the understanding of the physical essence of the considered problems during the process of modelling. In order to successfully finish the course, students need to solve by themselves several problems on the considered topics and to perform an accurate simulation of the resourceconsuming task based on one of the suggested papers.

Курс дает представление о возможностях численного решения различных задач нанооптики и электродинамики в коммерческих пакетах моделирования CST Microwave Studio и Comsol Multiphysics. В курсе численно решаются ряд базовых задач нанооптики, таких как поиск собственных мод оптических волноводов, оптических резонаторов, в том числе открытого типа, и периодических наноструктур, расчет взаимодействия электромагнитного излучения с наночастицами, резонаторами и метаповерхностями, расчет характеристик дипольных источников при их взаимодействии с оптическими наноантеннами, волноводами и резонаторами. Часть задач решается как в пакете CST, так и Comsol, что дает возможность сравнения этих двух программ с точки зрения простоты построения численных моделей, скорости расчета и точности получаемых результатов, а также наличия качественных различий и особенностей данных программ. Физическая суть большей части задач обсуждается в других курсах, благодаря чему численное моделирование происходит с пониманием базовых оптических процессов, происходящих в рассматриваемых системах, и способствует их лучшему усвоению. Для успешного прохождения курса студенты должны выполнить задания по рассматриваемым темам, а также в течение семестра качественно и точно выполнить достаточно сложный численный расчет, основанный на одной из предлагаемых статей по нанооптике.

Course content

Methods of computer simulation

Структура курса

| № | Topic | Lectures (ac.h.) | Practices (ac.h.) |
|---|---|------------------|-------------------|
| 1 | Scattering of plane waves at plane interfaces. Reflection and transmission of a plane wave from a single plane interface between two isotropic dielectric media or a parallel dielectric plate. | 2 | 2 |
| 2 | Optical waveguides. Calculation of eigenmodes and their excitation. | 2 | 2 |
| 3 | 1D and 2D photonic crystals: calculation of band structure; Calculation of transmission and reflection from a PhC plate. | 2 | 2 |
| 4 | Light scattering by nanoparticles (dielectric particles, plasmonic particles, microcavities). | 2 | 2 |
| 5 | Dielectric grids. Excitation of controlled modes by gratings. | 2 | 2 |
| 6 | Coupling of dipoles with nanoantennas, waveguides and cavities. | 2 | 2 |
| 7 | Metasurfaces and multipole decomposition for controlling propagating waves. | 2 | 2 |
| 8 | Multiphysics aspects: calculation of heat transfer and second harmonic generation. Integration with Matlab. | 2 | 2 |

| № | Тема | Лекции (ac.h.) | Практики (ac.h.) |
|---|--|----------------|------------------|
| 1 | Рассеяние плоских волн на плоских границах раздела. Отражение и пропускание плоской волны от единственной плоской границы раздела между двумя изотропными диэлектрическими средами или параллельной диэлектрической пластиной. | 2 | 2 |
| 2 | Оптические волноводы. Расчет собственных мод и их возбуждение. | 2 | 2 |
| 3 | 1D и 2D фотонные кристаллы: расчет зонной структуры; Расчет пропускания и отражения от PhC пластины. | 2 | 2 |
| 4 | Рассеяние света наночастицами (диэлектрические частицы, плазмонные частицы, микрорезонаторы). | 2 | 2 |
| 5 | Диэлектрические решетки. Возбуждение управляемых мод решетками. | 2 | 2 |
| 6 | Связь диполей с наномантеннами, волноводами и полостями. | 2 | 2 |
| 7 | Метаповерхности и мультипольное разложение для управления распространяющимися волнами. | 2 | 2 |
| 8 | Мультифизические аспекты: расчет теплопередачи и генерации второй гармоники. Интеграция с Matlab. | 2 | 2 |

Grading Policy

Final mark is based on the results of the work during the semester:

5 - completed and passed no less than 12 tasks, and defended course work.

4 - completed and passed 12 tasks (of 16) OR Completed and passed 12 tasks (of 16) and defended course work.

3 - completed and passed 8 tasks (of 16).

n/a - completed and passed less than 8 tasks (of 16).

Оценка выставляется по результатам работы в течение семестра:

5 - выполнено и сдано не менее 12 заданий, защищена курсовая работа.

4 - выполнено и сдано 12 заданий (из 16) ИЛИ Выполнено и сдано 8 заданий (из 16) и защищена курсовая работа.

З - выполнено и сдано 8 заданий (из 16).

н/а - выполнено и сдано менее 8 заданий (из 16).