

# Electrodynamics of Metamaterials

**Lecturers:**  
Roman Savelev



**Language:**

English

**Credit points:**

3 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

Lectures (a.h)*	Practice (a.h)	Labs (a.h)
18		
*1 academic hour = 45 minutes		

The course is designed for first-year master students enrolled in the master's program "Nanophotonics and Metamaterials". The main subject under study is the characteristics of the radiation of quasi-point sources placed near optical nanostructures. The classical description of the interaction of radiation sources with optical nanostructures is considered, emission properties of the sources interacting with such model objects as layered systems, waveguide structures, nanoparticles and metamaterials are considered; their common features and main differences are discussed. During the course, students must perform numerical calculations of the characteristics of some of the systems under consideration. In the case of the simplest structures, one will have to write their own code in the programming language of their choice, and in the case of more complex structures, one will have to build a numerical model in one of the software packages.

Курс рассчитан на студентов первого года магистратуры, обучающихся на магистерской программе «Нанофотоника и метаматериалы». Основным предметом изучения в курсе являются характеристики излучения квазиточечных источников при их расположении вблизи оптических наноструктур. Рассматривается классическое описание взаимодействия источников излучения с оптическими наноструктурами, обсуждаются общие физические особенности и основные различия в характере излучения источников, расположенных вблизи таких модельных объектов как плоскопараллельные слоистые системы, волноводные структуры, наночастицы и метаматериалы. В процессе обучения студенты должны выполнить численные расчеты характеристик некоторых из рассматриваемых систем. В случае простейших структур требуется написать собственный код на выбранном ими языке программирования, в случае более сложных структур – построить численную модель в одном из программных пакетов.

## Course content

### Detailed content and structure with sectioning of lectures/seminars:

#### Структура курса

№	Topic	Hours
1	Interaction of quantum emitters with nanophotonics structures: classical description. Modification of emission properties due to interaction with environment: nanoantennas and Purcell effect.	4
2	Dyadic Green's function: general derivation, near-field and far-field, angular distribution, emission power, electric and magnetic dipoles, duality theorem.	6
3	Modification of dipole emission near layered structures: general formulation. Calculation of total emission rate for a dipole near an interface.	6
4	Modification of dipole emission near a dielectric/metal interface. Calculation of total emission rate for a dipole near an interface. Calculation of the power fraction coupled to plasmon. Lossy surface waves. Numerical examples.	4
5	Calculation of emission rate into cavity or waveguide modes. Example of a plasmon.	2
6	Modification of radiation patterns. Radiation pattern of a dipole near an interface. Numerical examples.	6
7	Emission properties of an arbitrarily polarized dipole coupled to different structures. Bianisotropic response induced by substrate.	4
8	Arrays of scatterers, summation techniques, discrete dipole method. Coupling of a dipole to nanoparticle arrays.	4

№	Тема	Часы
1	Взаимодействие квантовых эмиттеров со структурами нанофотоники: классическое описание. Изменение свойств излучения за счет взаимодействия с окружающей средой: наноантенны и эффект Парселла.	4
2	Диадная функция Грина: общий вывод, ближнее и дальнее поле, угловое распределение, мощность излучения, электрические и магнитные диполи, теорема двойственности.	6
3	Изменение излучения диполя вблизи слоистых структур: общая формулировка. Расчет полной скорости излучения диполя вблизи границы раздела.	6
4	Изменение излучения диполя вблизи границы раздела диэлектрик/металл. Расчет полной скорости излучения диполя вблизи границы раздела. Расчет доли мощности, связанной с плазмоном. Поверхностные волны с потерями. Примеры.	4
5	Расчет скорости излучения в моды резонатора или волновода. Пример плазмона.	2
6	Изменение диаграмм направленности. Диаграмма направленности диполя вблизи границы раздела. Примеры.	6
7	Эмиссионные свойства диполя произвольной поляризации, связанного с различными структурами. Бианизотропия.	4
8	Массивы рассеивателей, методы суммирования, метод дискретных диполей. Соединение диполя с массивами наночастиц.	4

#### Recommended resources

1. L. Novotny, B. Hecht. Principles of nano-optics. Cambridge University Press, 2006.
2. J.D. Jackson. Classical electrodynamics. John Wiley & Sons, 1962.
3. C.F. Bohren, D.R. Huffman. Absorption and Scattering of Light by Small Particles. Wiley, 1998.
4. Katsunari Okamoto, Fundamentals of Optical Waveguides, Elsevire, 2006, 561p.
5. M. Born, E. Wolf. Principles of optics. Pergamon Press, 1965.
1. Л. Новотный, Б. Хехт. Основы нанооптики. М.: Физматлит, 2009.
2. Дж. Джексон. Классическая электродинамика. М.: Мир, 1965.
3. К. Борен, Д. Хафман. Поглощение и рассеяние света малыми частицами. М.: Мир, 1986.
4. Katsunari Okamoto, Fundamentals of Optical Waveguides, Elsevire, 2006, 561p. (in English)
5. М. Борн, Э. Вольф. Основы оптики. М.: Наука, 1973.

#### Grading Policy

Grading policy: Final grade is based mostly on the final exam; the maximum mark for the exam is affected by the results of the homework problems and the pre-exam test.

Оценка за курс определяется по результатам сдачи экзамена; максимальная оценка зависит от результатов выполнения заданий для самостоятельного решения и сдачи итогового теста.