

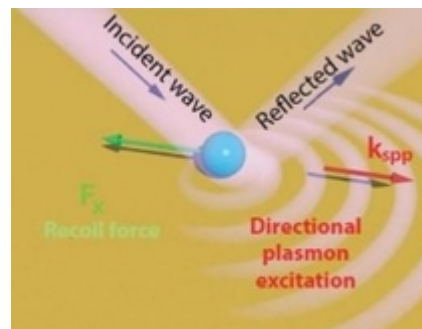
# Nanoplasmonics

**Lecturers:**

Mihail Petrov

**Assistants:**

Olesya Pashina



**Language:**

English

**Credit points:**

6 з.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:**

Электродинамика

Фотоника

Mathematical Methods in Physics

Lectures (a.h)*	Practice (a.h)	Labs (a.h)
26		
*1 academic hour = 45 minutes		

Plasmonics studies the physical phenomena that occur when light interacts with metal or highly doped semiconductor structures. Oscillations of free charge carriers in such structures (plasmons) can interact with an external electromagnetic field. This leads to the appearance of plasmonpolaritons — waves, whose energy is made up of the plasmon energy and the photon energy. Unlike conventional electromagnetic waves, plasmon-polaritons possess a strong spatial localization at optical frequencies, which potentially allows the creation of optoelectronic devices, sensors and subwavelength lasers. In the framework of the course, the fundamental principles of the light interaction with material’s plasma oscillations will be considered, and methods for describing the plasmon properties of single metal nanoparticles and their arrays will be discussed.

Плазмоника изучает физические явления, возникающие при взаимодействии света с металлическими или сильно легированными полупроводниковыми структурами. Собственные колебания свободных носителей заряда в таких структурах (плазмоны) могут взаимодействовать с внешним электромагнитным полем. Это приводит к появлению плазмон-поляритонов - волн, энергия которых складывается из энергии плазмонов и энергии фотонов. В отличие от обычных электромагнитных волн, плазмон-поляритоны обладают сильной пространственной локализацией на оптических частотах, что потенциально позволяет создавать оптоэлектронные устройства, сенсоры и лазеры субволнового размера. В рамках курса будут рассмотрены фундаментальные основы взаимодействия света с плазменными колебаниями вещества, изложены методы описания плазмонных свойств одиночных металлических наночастиц и их массивов.

## Course content

2 semester / 2 семестр

### Nanoplasmonics

#### Структура курса

Topic	Lections (ac.h.)
<b>Part I. Optical properties of metals</b>	
Maxwell's equations	2
Drude Mod	2
Interaction of electromagnetic waves with metals	2
<b>Part II. Surface plasmon-polaritons</b>	
Surface plasmon-polaritons	2
Excitation of surface plasmon-polaritons	2
Plasmonic waveguides. Bulk plasmon-polaritons	2
<b>Part III. Localized surface plasmon resonance</b>	
Resonances in small metal nanoparticles: quasistatic approximation	2
Fabrication and optical characterization of plasmonic structures	2
Resonances in small metal nanoparticles: complex shapes and structures	2
Light scattering on metal nanoparticles: beyond quasistatic approximation	2
<b>Part IV. Plasmonics applications</b>	
Nanoparticle ensembles for light localization and guiding	2
Plasmonics applications for light emission enhancement	2
Plasmonics for sensing, nonlinear optics, and optomechanics applications	2

Разделы	Лекции (ак.ч.)
<b>Часть I. Оптические свойства металлов</b>	
1.1. Уравнения Максвелла	2
1.2. Модель Друде	2
1.3. Взаимодействие электромагнитных волн с металлами	2
<b>Часть II. Поверхностные плазмон-поляритоны</b>	
2.1. Поверхностные плазмоны-поляритоны	2
2.2. Методы возбуждения поверхностных плазмонов	2
2.3. Плазмонные волноводы. Объемные плазмоны-поляритоны	2
<b>Часть III. Локализованный плазмонный резонанс</b>	
3.1. Резонансы в малых металлических наночастицах: квазистатическое приближение	2
3.2. Фабрикация и оптическая характеристика плазмонных структур	2
3.3. Резонансы в малых металлических наночастицах: структуры сложной геометрии	2
3.4. Рассеяние света на металлических наночастицах: вне рамок квазистатического приближения	2
<b>Часть IV. Приложения плазмоники</b>	

4.1.Ансамбли наночастиц для локализации и управления светом	2
4.2.Приложения плазмоники для усиления эмиссии света квантовыми источниками	2
4.3.Плазмоника для детектирования, нелинейной оптики и оптомеханических приложений	2

## Recommended resources

1. Stratton J. A. Electromagnetic theory. – John Wiley & Sons, 2007.
2. Klimov V. Nanoplasmonics. – Pan Stanford, 2014.
3. Maier S. A. Plasmonics: fundamentals and applications. – Springer Science & Business Media, 2007.
4. Bohren C. F., Huffman D. R. Absorption and scattering of light by small particles. – John Wiley & Sons, 2008.
5. L. Novotny and B. Hecht, Principles of Nano-Optics. Cambridge University Press, 2012.
6. Geddes C. D. (ed.). Reviews in Plasmonics 2010. – New York : Springer, 2012.

1. Стрэттон Д. А. и др. Теория электромагнетизма //Москва. – 1948.
2. Климов В. В. Наноплазмоника. – Физматлит, 2010.
3. Майер, С.А. Плазмоника: теория и приложения //М.-Ижевск: НИЦ, «Регулярная и хаотическая динамика. – 2011.
4. Борен К. Ф., Хафмен Д. Р., Татарский В. И. Поглощение и рассеяние света малыми частицами. – Мир, 1986.
5. Берт Хехт, Лукас Новотный. Основы Нанооптики. М.: Физматлит, 2009.
6. Geddes C. D. (ed.). Reviews in Plasmonics 2010. – New York : Springer, 2012.

## Grading Policy

Оценка за курс выставляется на основе выполненных домашних работ и ответе на экзамене. Максимально за курс можно набрать 100 баллов: 50 баллов за экзамен, 50 баллов за домашние работы. Итоговая оценка выставляется исходя из количества набранных баллов:

- от 90 до 100 баллов - оценка 5
- от 80 до 89 баллов - оценка 4
- от 70 до 79 - оценка 3
- 69 и меньше - оценка 2

Course grade is based on completed homeworks and exam performance. You can score a maximum of 100 points for the course: 50 points for the exam, 50 points for homework. The final grade is given based on the number of points scored:

- from 90 to 100 points - score 5 (excellent)
- from 80 to 89 points - score 4 (good)
- from 70 to 79 - score 3 (satisfactory)
- 69 or less - score 2 (unsatisfactory)

## Тип самостоятельных заданий

Tasks examples:

- 1) Let's imagine that we arrange all atoms contained in 1 cm<sup>3</sup> of gold and arrange them in a linear chain. Find the length of this chain L. How many times N is it more than the distance between the Earth and the Sun?
- 2) Plot the dependence of the penetration depth of normally incident planewave into thick gold/silver/aluminium foils on the wavelength.
- 3) Find the condition when polarizability of a core-shell particle equals to zero. It provides "invisibility" of core-shell nanostructures.

Примеры задач:

- 1) Представим, что мы упорядочили все атомы, содержащиеся в 1 см<sup>3</sup> золота, в линейную цепочку. Во сколько раз N она длиннее, чем расстояние от Земли до Солнца?
- 2) Нарисуйте графики зависимости глубины проникновения нормально падающей плоской волны в пленку золота/серебра/алюминия от длины волны возбуждающего излучения.
- 3) Найдите условия, при которых поляризуемость частицы вида «ядро-оболочка» равна нулю. Это соответствует случаю невидимости такой частицы.

## Дополнительные комментарии

Additional notes: In accordance with these lectures online course «Plasmonics: From Fundamentals to Modern Applications» based on edX platform is working (<https://www.edx.org/course/plasmonics-fromfundamentals-to-modern-applications>). All students have access to it. This course can be considered as a base for self-education and preparing of the homework.

В соответствии с лекциями данного курса запущен онлайн-курс «Plasmonics: From Fundamentals to Modern Applications» на базе edX (<https://www.edx.org/course/plasmonics-fromfundamentals-to-modern-applications>). Этот курс доступен для студентов лекционного курса и может рассматриваться как база для подготовки к домашним заданиям.