



**1. Название**

Optomechanics / Оптомеханика

**2. Лектор (ы)**

Александр Поддубный

Михаил Петров

**3. Ассистент (ы)**

Иван Тофтул

**4. Язык обучения**

Английский

**5. Зачётные единицы (кредиты) и форма оценивание (экзамен, зачёт, зачёт с оценкой)**

Зачет с оценкой

**6. Образовательная программа (ы) и семестр изучения**

ОП «Нанопотоника и метаматериалы», 3 семестр

**7. Пререквизиты**

Лучше всего слушать параллельно с Квантовой Оптикой.

**8. Краткая аннотация:**

The course is aimed to give introduction to the concept of how it is possible to manipulate the matter with light. We will cover optical tweezers (2018 Nobel prize in Physics), go deeper into fundamentals of optical forces and torque from classical and quantum perspective (e.g. lecture about LIGO project). Lastly, we will go through the cavity optomechanics and see how it is possible to realize an interplay between phonons and photons.

Each topic is supported by unique interesting problems. After this course each student will gain a nice perspective of physics behind each effect, and will be able to read and analyze related papers about novel discoveries in the field.

**9. Содержание курса**

№ раздел а	Название раздела	Основные темы раздела, разделенные на лекции, практики, лабораторные	Формат занятия	Предполагаем ая дата (если известно)
1	Part 1. Nanoparticle optomechanics	1.1 Forces on particles. Optical tweezers	лекция, практика	
		1.2 Sophisticated effects: optical binding, optical pulling, optical torques	лекция	
		1.3 Plasmonic and metamaterials for optomechanics	лекция, практика	
2	Part 2. Cavity optomechanics	2.1 Типы оптомеханического взаимодействия для резонаторов	лекция, практика	
		2.2 Мандельштам-бриллюэновское рассеяние. Резонансное и нерезонансное.	лекция	
		2.3 Оптомеханическая нелинейность - классическое рассмотрение. Бистабильность, разогрев и охлаждение.	лекция, практика	
		2.4 Mandelstam-Brillouin Scattering in the bulk	лекция	
3	Part 3. Quantum optomechanics	3.1 Optomechanical interferometry	лекция, практика	
		3.2 Quantum-fluctuation interactions (Casimir force, Casimir-Polder potential)	лекция	
		3.3 Dynamical Casimir effect (optional)	лекция	
		3.4 Atomic optomechanics and atomic cooling (Doppler cooling, optical viscosity, magneto-optical trap, Sisyphian cooling)	лекция	

## 10. Литература

- R. Loudon, J. Modern Optics 49, 821 (2002).
- A. Ashkin and J. M. Dziedzic, Phys. Rev. Lett. 30, 139 (1973).
- J. P. Gordon, Phys. Rev. A 8, 14 (1973).
- V. Perel' and Y. Pinskii, Sov. Phys. Solid State 15 (1973).
- M. Glazov and S. Ganichev, Physics Reports 535, 101 (2014).
- P. C. Chaumet and M. Nieto-Vesperinas, Opt. Lett. 25, 1065 (2000).
- R. N. C. Pfeifer, T. A. Nieminen, N. R. Heckenberg, and H. Rubinsztein-Dunlop, Rev. Mod. Phys. 79, 1197 (2007).
- A. Zangwill, Modern electrodynamics (Cambridge University Press, 2013).
- L. Landau and E. Lifshitz, Electrodynamics of Continuous Media (Pergamon, New York, 1974).
- I. N. Toptygin and K. Levina, Physics-Uspekhi 59, 141 (2016).
- K. Y. Bliokh, A. Y. Bekshaev, and F. Nori, New Journal of Physics 19, 123014 (2017a).
- K. Y. Bliokh, A. Y. Bekshaev, and F. Nori, Phys. Rev. Lett. 119, 073901 (2017b).
- A. Ashkin, J. M. Dziedzic, J. E. Bjorkholm, and S. Chu, Opt. Lett. 11, 288 (1986).
- L. Novotny and B. Hecht, Principles of nano-optics (Cambridge university press, 2012).
- P. C. Chaumet and A. Rahmani, Opt. Express 17, 2224 (2009).

## 11. Оценка успеваемости по курсу и примеры заданий

Форма контроля	Тип задания	Вес %	Минимальный порог выполнения для получения аттестации (оценка 3 или зачёт) %	Сроки выполнения	Комментарии
Промежуточная аттестация (Mid-term)	решение задач	50	решить 3 задачи		
Аттестация (зачёт)	решение задач	50	решить 6 задач		
$\Sigma$		100			

### Примеры заданий

Решение индивидуальных задач. Пример задачи:

**Problem 1. Light pressure on a membrane**

Plane electromagnetic wave with the frequency  $\omega$  is normally incident upon a thin flat conducting membrane (e.g. a graphene layer). The membrane is characterized by the complex surface conductivity  $\sigma(\omega)$  (measured in sec/cm in CGS units).

Find the pressure of light upon the membrane. Express the answer via the light intensity  $J$  and the complex amplitude reflection coefficient of light from the membrane  $r$ . Perform the calculation in two ways (a) via the Lorentz force acting upon the membrane and (b) by integrating the Maxwell stress tensor around the membrane.

**Answer**

$$p = \frac{2J}{c} \operatorname{Re} r, \quad \text{where } r = -\frac{2\pi c\sigma}{1 + 2\pi c\sigma}.$$

Требования к решению:

1. Дойти до ответа.
2. Частично дойти до ответа тоже засчитывается, но не на полный бал.
3. Оформлено так, чтобы это можно было легко прочитать. Оформление в LaTeX приветствуется, но не обязательно.