Nonlinear photonics

Lecturers:
Nikolay Petrov

Assistants:
Elizaveta Tsiplakova

Language:
English

Credit points:
6

Monitoring type:
Exam / Экзамен

Educational Program:
Nanophotonics
1

Prerequisites:
Photonics
Experimental Methods of Nanophotonics II

Lectures (a.h)*	Practice (a.h)	Labs (a.h)
15	4	5
*1 academic hour = 45 minutes		

"Nonlinear Photonics" is an advanced lecture course focusing on the principles and applications of nonlinear optical phenomena. The course covers a range of topics including linear pulse propagation, ultrashort lasers, terahertz radiation, and pulsed terahertz spectroscopy. Students will learn about ultrashort pulse stretchers, compressors, amplifiers, and various generation techniques for fs lasers. The course also delves into advanced pulse characterization, spatio-temporal couplings, and nonlinear effects in optics. Applications of nonlinear photonics in science, industry, and biomedicine will be explored, along with practical seminars and journal club sessions for in-depth discussion and analysis.

Нелинейная фотоника — это углубленный курс лекций, посвященный принципам и применению нелинейных оптических явлений. Курс охватывает ряд тем, включая линейное распространение импульсов, ультракороткие лазеры, терагерцовое излучение и импульсную терагерцовую спектроскопию. Студенты узнают об расширителях ультракоротких импульсов, компрессорах, усилителях и различных методах генерации фс-лазеров. Курс также углубляется в расширенные характеристики импульсов, пространственно-временные связи и нелинейные эффекты в оптике. Будут изучены применения нелинейной фотоники в науке, промышленности и биомедицине, а также пройдут практические семинары и заседания журнальных клубов для углубленного обсуждения и анализа.

Course content

1 семестр

Nonlinear optics

Структура курса

№	Topics	Class type
1	1. Time intervals available to humans 2. Linear pulse propagation & diffraction	1 lecture, 1 labwork, 4 a.h.
2	3. Progress on ultrashort lasers. Q-switching and mode locking	2 lectures, 4 a.h
3	4. Ultrashort pulse stretchers & compressors. Pulse amplifications	1 lecture, 1 labwork, 4 a.h.
4	5. Generations of fs lasers: dye, vibronic crystals and fiber lasers 6. Pulsed terahertz radiation: generation and detection	2 lectures, 4 a.h.
5	7. Terahertz time-domain spectroscopy and holography	1 lecture, 1 labwork, 4 a.h.
6	8. Ultrashort pulse parameters measurements: energy, spectrum, duration (electronic & optical) 9. Spatio-temporal couplings; Advanced pulse characterization techniques	2 lectures, 4 a.h.
7	10. Nonlinear effects in optics-I. Second harmonics generation lab	1 lecture, 1 labwork, 4 a.h.
8	11. Nonlinear effects in optics-II. Supercontinuum generation lab	1 lecture, 1 labwork, 4 a.h.
9	12. Applications in science: Laser cooling & Bose-Einstein condensation; frequency combs & atomic clocks; Inertial confinement fusion	2 lectures, 4 a.h.
10	13. Applications in industry 14. Applications in biomedicine	2 lectures, 4 a.h.
11	15. Practical seminars. Journal club	2 seminars, 4 a.h.
12	16. Practical seminars. Journal club	2 seminars, 4 a.h.

№	Тема	Тип занятия
1	1. Интервалы времени, доступные человеку 2. Линейное распространение и дифракция импульса	1 лекция, 1 лабораторная, 4 ак.ч.
2	3. Прогресс в создании ультракоротких лазеров. Q-переключение и блокировка режима	2 лекции, 4 ак.ч
3	4. Расширители и компрессоры сверхкоротких импульсов. Усиление импульсов	1 лекция, 1 лабораторная, 4 ак.ч.
4	5. Поколения фс-лазеров: на красителях, вибронных кристаллах и волоконных лазерах 6. Импульсное терагерцовое излучение: генерация и обнаружение	2 лекции, 4 ак.ч
5	7. Терагерцовая временная спектроскопия и голография.	1 лекция, 1 лабораторная, 4 ак.ч.
6	8. Измерение параметров ультракоротких импульсов: энергии, спектра, длительности (электронные и оптические) 9. Пространственно-временные связи; Передовые методы определения характеристик импульса	2 лекции, 4 ак.ч

7	10. Нелинейные эффекты в оптике-I. Лаборатория генерации второй гармоники	1 лекция, 1 лабораторная, 4 ак.ч.
8	11. Нелинейные эффекты в оптике-II. Лаборатория генерации суперконтинуума	1 лекция, 1 лабораторная, 4 ак.ч.
9	12. Приложения в науке: лазерное охлаждение и бозе-эйнштейновская конденсация; частотные гребенки и атомные часы; Инерционный термоядерный синтез	2 лекции, 4 ак.ч
10	13. Применение в промышленности 14. Приложения в биомедицине	2 лекции, 4 ак.ч
11	15. Практические семинары. Журнальный клуб	2 лекции, 4 ак.ч
12	16. Практические семинары. Журнальный клуб	2 лекции, 4 ак.ч

Recommended resources

1. G. Agraval, “Nonlinear Fiber Optics”, 2013, Elsevier
2. Dudley, John M., and James Roy Taylor, eds. Supercontinuum generation in optical fibers. Cambridge University Press, 2010.
3. Boyd, Robert. Contemporary nonlinear optics. Academic Press, 2012.
4. Shen, Yuen-Ron. "Principles of nonlinear optics." (1984).
5. Powers, Peter E., and Joseph W. Haus. Fundamentals of nonlinear optics. CRC press, 2017.
6. N.V. Petrov, A.A. Gorodetsky, V.G.Bespalov, A.A. Drozdov, A.N. Tsypkin, Virtual Laboratory Practicum: Femtosecond optics and femtotechnologies. Study guide, ITMO University, 2019.
7. Every year, students are given review articles on a course topic no older than 5 years to prepare a report in the Journal Club. / Каждый год студентам выдаются обзорные статьи по теме курса не старше 5 лет для подготовки доклада в Journal Club.

Grading Policy

1. Exams: Regular exams will be conducted throughout the course to assess students' ability to solve problems related to ultrafast optics and nonlinear photonics. (20%)
2. Assignments: Assignments will be given to students to assess their ability to critically evaluate literature and research in the field of ultrafast optics and nonlinear photonics, as well as their ability to present their findings in a clear and concise manner. (10%)
3. Laboratory reports: Students will be required to submit laboratory reports that demonstrate their ability to design and execute experiments related to ultrafast optics and nonlinear photonics, as well as their ability to analyze and interpret experimental data. (20%)
4. Individual projects: Students will be required to prepare and presentations and their abstract-synopsis on various topics related to ultrafast optics and nonlinear photonics, which will be evaluated based on their ability to communicate complex concepts clearly and effectively. The presentations will be given in a “Journal club” seminars in the end of the course. (50%)

1. Экзамены. На протяжении всего курса будут проводиться регулярные экзамены для оценки способности студентов решать задачи, связанные со сверхбыстрой оптикой и нелинейной фотоникой. (20%)
2. Задания: Студентам будут даны задания для оценки их способности критически оценивать литературу и исследования в области сверхбыстрой оптики и нелинейной фотоники, а также их способности представлять свои выводы в ясной и краткой форме. (10%)
3. Лабораторные отчеты. Студенты должны будут представить лабораторные отчеты, демонстрирующие их способность планировать и проводить эксперименты, связанные со сверхбыстрой оптикой и нелинейной фотоникой, а также их способность анализировать и интерпретировать экспериментальные данные. (20%)
4. Индивидуальные проекты: Студенты должны будут подготовить презентации и конспекты по различным темам, связанным со сверхбыстрой оптикой и нелинейной фотоникой, которые будут оцениваться на основе их способности четко и эффективно передавать сложные концепции. Презентации будут проводиться на семинарах «Журнального клуба» в конце курса. (50%)