

## Нелинейная оптика фотонных кристаллов

*Лектор: д.ф.-м.н., профессор Манцызов Борис Иванович  
(кафедра общей физики)*

Код курса  
Статус: по выбору  
Аудитория: специальный  
Специализация: физика  
Семестр: 8-9  
Трудоемкость: 2 з.е.  
Лекций: 32 часа  
Семинаров:  
Практ. занятий:  
Отчетность: экзамен  
Начальные компетенции: М-ПК-1, М-ПК-6  
Приобретаемые компетенции: М-ПК-3, М-ПК-4

### Аннотация курса

Специальный курс «Нелинейная оптика фотонных кристаллов» посвящен анализу и обобщению результатов теоретических и экспериментальных исследований когерентных и нелинейно-оптических явлений, возникающих при взаимодействии мощного лазерного излучения с резонансными и квадратично-нелинейными периодическими средами (фотонными кристаллами) в условиях брэгговской дифракции. К таким явлениям относятся: нелинейная брэгговская дифракция коротких мощных лазерных импульсов в геометриях Брэгга и Лауэ в резонансных фотонных кристаллах; нелинейная динамика лазерных импульсов, в частности, брэгговские солитоны самоиндуцированной прозрачности, эффект расщепления оптических импульсов при дифракции по схеме Лауэ, Лауэ-солитоны и нестационарные уединенные волны в резонансных фотонных кристаллах; эффективное синхронное и квазисинхронное параметрическое преобразование частоты оптического излучения в фотонных кристаллах с квадратичной нелинейностью. Вышеперечисленные оптические явления имеют непосредственное значение для разработки новых методов управления параметрами и динамикой коротких оптических импульсов и эффективной генерации нелинейных сигналов. С методической точки зрения материал лекций излагается таким образом, чтобы читатель смог самостоятельно ставить и решать новые задачи на основе рассмотренных методов и подходов.

Приобретаемые знания и умения

В результате освоения дисциплины обучающийся должен знать основные оптические явления, возникающих при взаимодействии мощного лазерного излучения с нелинейными периодическими средами в условиях брэгговской дифракции; уметь использовать основные методы решения задач нелинейной дифракции излучения в периодических структурах

Образовательные технологии

Курс имеет электронную версию для презентации. Лекции читаются с использованием современных мультимедийных возможностей и проекционного оборудования.

Логическая и содержательно-методическая взаимосвязь с другими частями ООП

Дисциплины и практики, для которых освоение данного курса необходимо как предшествующего

Основные учебные пособия, обеспечивающие курс

Основные учебно-методические работы, обеспечивающие курс

**Основные научные статьи,**  
обеспечивающие курс

Программное обеспечение и ресурсы в интернете

Курс является продолжением курсов: «Теория волн», «Нелинейные волны и нелинейная оптика», «Динамическая теория рассеяния рентгеновских лучей»

Научно-исследовательская практика, научно-исследовательская работа, дипломная работа; дисциплины «Основы фотоники и оптических технологий», «Магнитооптика фотонных кристаллов»

1. Б.И.Манцызов, «Когерентная и нелинейная оптика фотонных кристаллов» (М., Физматлит, 2009).
2. Ю.Кившарь, Г.Агравал, «Оптические солитоны. От волоконных световодов к фотонным кристаллам» (Физматлит, 2005).
3. Л.М.Бреховских, «Волны в слоистых средах» (М., Наука, 1973).
4. З.Г.Пинскер, «Рентгеновская кристаллооптика» (М.: Наука, 1982).
5. А.Ярив, П.Юх, «Оптические волны в кристаллах» (М., Мир, 1987).

1. K.Busch, G. Von Freymann, S.Linder et al, "Periodic nanostructures for photonics", Physics Reports, v. 444, p.101-202 (2007).
2. F.Lederer, G.I.Stegeman, D.N.Christodoulides et al, "Discrete solitons in optics", Physics Reports 463, 1-126 (2008).
3. G.Kurizki, A.Kozhekin, T.Opatrny, B.Malomed, "Optical solitons in periodic media with resonant and off-resonant nonlinearities", Progress in Optics V.42, ed. E. Wolf, 93-140 (2001).
4. M.M.Fejer, G.A.Magel, D.H.Jundt, and R.L.Byer, IEEE J. Quantum Electron. **28**, 2631 (1992).

1. V.A.Bushuev, B.I.Mantsyzov, A.A.Skorynin, "Diffraction-induced laser pulse splitting in a linear photonic crystal", Phys. Rev. A 79, 053811-1-5 (2009).
  2. S.Schutzmann, I.Venditti, P.Proposito et al., "High-energy angle resolved reflection spectroscopy on three-dimensional photonic crystals of self-organized polymeric nanospheres", Opt. Express 16, 2, 897-907 (2008).
  3. M.Scalora, D.deCeglia, G.D'Aguzzo et al. "Gap solitons in a nonlinear quadratic negative-index cavity", Phys. Rev. E 75, 066606 (2007).
  4. S.На, А.А.Сухорук, Ю.С.Кившарь, "Slow-light switching in nonlinear Bragg-grating couplers", Opt. Lett. 32, 11, 1429-1431 (2007).
  5. А.Сухорук, D.Neshev, A.Dreischuh et al., "Observation of polychromatic gap solitons", Opt. Express 16, 9, 5991-5996 (2008).
  6. Benton C.J., Skryabin D. Optics Express. **17**, 5879 (2009).
- "Photonic & Sonic Band-Gap Bibliography", <http://phys.lsu.edu/~jpdowling/pbgbib.html>.

|                         |  |
|-------------------------|--|
| Контроль успеваемости   | Промежуточная аттестация проводится на 8 неделе в форме коллоквиума с оценкой. Критерий формирования оценки – уровень знаний пройденной части курса. |
| Фонды оценочных средств | Контрольные вопросы для коллоквиума, зачета и экзамена.  |

### Структура и содержание дисциплины

| Разделы   | Неделя |
|---|--------|
| Распространение электромагнитных волн в периодических средах. Формализм блоховских волн, теорема Флоке-Блоха, уравнения для амплитуд блоховских волн, уравнение дисперсии, фотонная запрещенная зона. | 1-2    |
| Метод медленно меняющихся амплитуд. Граничная задача, укороченные уравнения для амплитуд, дисперсионная кривая.   | 3      |
| Точное решение для величины электрического поля в слоистой среде.   | 4      |
| Дисперсионное уравнение для слоистой среды, эффективный волновой вектор, эффективный показатель преломления.  |        |
| Метод рекуррентных соотношений Паррата (метод матриц переноса излучения).   | 5      |
| Увеличение плотности энергии электрического поля на краю фотонной запрещенной зоны.   |        |
| Брэгговская дифракция по схеме Лауэ. Эффект Бормана, явление деления лазерных импульсов в фотонных кристаллах (ФК).   | 6      |
| Нелинейные оптические явления в ФК с квадратичной нелинейностью.  | 7      |
| Квазисинхронизм и несинхронное усиление эффективности генерации сигналов суммарной частоты в нелинейных ФК.   |        |
| Эффективная генерация сигнала суммарной частоты в ФК. Метод матриц переноса излучения для нелинейной задачи. Динамика генерации сигнала второй гармоники в ФК. Динамические уравнения и их решения.   | 8-9    |
| Брэгговские солитоны в ФК с кубической нелинейностью. Дискретные солитоны в оптических решетках.  | 10-11  |
| Нелинейные оптические явления в резонансных ФК (РФК). Двухволновые уравнения Максвелла-Блоха для дискретного РФК. Уравнение синус-Гордон, стационарные решения.                                       | 12     |
| Нелинейное подавление полного брэгговского отражения. Брэгговские солитоны самоиндуцированной прозрачности в РФК Осциллирующие солитоноподобные импульсы.   | 13     |
| Взаимодействие брэгговских солитонов с возмущением. Оптический зумерон.   | 14     |
| Нелинейная дифракция в Лауэ-геометрии. Обобщенные двухволновые уравнения Максвелла-Блоха. Лауэ-солитон.   | 15     |
| Непрерывные РФК. Брэгговские солитоны в гармонических РФК и резонансных брэгговских отражателях.  | 16     |