

БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе

_____ А.Л. Толстик
(подпись) (И.О.Фамилия)

27.09.2012г.
(дата утверждения)

Регистрационный № УД- 8265 /баз.

НЕЛИНЕЙНАЯ ОПТИКА

Учебная программа для специальности 1-31 04 01 «Физика»

2012 г.

Составитель:

А.Л. Толстик – проректор по учебной работе Белорусского государственного университета, доктор физико-математических наук, профессор.

Рецензенты:

К.А.Саечников – заведующий кафедрой информатики и электроники Государственного учреждения образования «Белорусский государственный педагогический университет имени М. Танка», кандидат физико-математических наук, доцент;

В.В. Могильный – профессор кафедры физической оптики Белорусского государственного университета, доктор физико-математических наук.

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой лазерной физики и спектроскопии Белорусского государственного университета (протокол № 12 от 20 апреля 2012);

Учебно-методической комиссией физического факультета Белорусского государственного университета (протокол № 9 от 15.05 2012 г.).

Рассмотрена научно-методическим советом Белорусского государственного университета (протокол № 5 от 28.05 2012 г.).

Ответственный за редакцию: А.Л. Толстик

Ответственный за выпуск: А.Л. Толстик

I. ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Нелинейная оптика зародилась и получила бурное развитие практически сразу после появления лазеров, генерирующих излучение с высокой спектральной яркостью и направленностью. При фокусировке лазерного импульса в вещество достигается напряженность поля световой волны, на несколько порядков превышающая напряженность внутриатомного поля. Такие высокоинтенсивные поля обеспечивают проявление принципиально новых нелинейных процессов взаимодействия света с веществом. Разнообразные нелинейно-оптические эффекты, известные в настоящее время, позволяют управлять временными и спектральными характеристиками лазерного излучения. Методы нелинейной оптики дали возможность перейти в фемтосекундный диапазон лазерных импульсов, когда можно говорить об импульсе, представляющем собой всего один период световой волны.

В настоящее время нелинейная оптика переживает период широкого внедрения результатов в различные области науки и техники. Широкое применение в современных лазерных системах получили удвоители частоты излучения, а также каскадные умножители на третью, четвертую и более высокие гармоники. Созданы высокоэффективные параметрические генераторы света, работающие на принципах нелинейной оптики. Мощные лазерные системы не обходятся без элементов адаптивной оптики. Привнесение нелинейно-оптических методов в спектроскопию существенно расширило возможности спектроскопических методов исследования вещества. Все это привело к пониманию того, что современные специалисты в области лазерной физики и спектроскопии должны в полной мере владеть принципами нелинейной оптики и иметь возможность использования ее результатов для решения разнообразных научных и производственных задач.

Цель курса — дать студентам теоретические основы нелинейной оптики, ознакомить их с нелинейно-оптическими методами преобразования световых полей, управления частотой и волновым фронтом лазерного излучения, а также дать представление о применениях нелинейной оптики в научных исследованиях и технологии.

Предлагаемая программа в полной мере решает поставленные задачи. Спецкурс «Нелинейная оптика» рассчитан на студентов четвертого курса. В процессе освоения спецкурса углубляются и развиваются представления, основы которых получены при изучении спецкурса «Лазерная физика». Полученные сведения важны для более глубокого и качественного усвоения ряда дисциплин специализации (когерентная оптика и голография, оптическая обработка информации, фотонное эхо и когерентная спектроскопия, статистическая оптика, волоконная оптика).

Программа курса рассчитана на 30 часов лекций, 10 часов контролируемой самостоятельной работы студентов и 32 часа лабораторных занятий. Форма отчетности – экзамен (теоретический курс), зачет (лабораторный практикум).

II. СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ

а) Программа лекционного курса

Введение. История возникновения и развития нелинейной оптики. Понятие нелинейной среды. Уравнения Максвелла для светового поля в линейной и нелинейной средах.

Нелинейная оптическая восприимчивость. Классификация нелинейностей. Квадратичная и кубическая нелинейности. Нелинейности высших порядков.

Основные типы нелинейностей. Тепловая нелинейность. Ориентационный и наведенный эффект Керра. Электрострикция. Резонансная нелинейность.

Примеры нелинейных сред и механизмов нелинейности. Амплитудно-фазовый отклик двухуровневой резонансной среды. Нелинейные свойства сложных органических соединений, фоторефрактивных и жидких кристаллов.

Самовоздействие световой волны в нелинейной среде. Самофокусировка, автоколлимация и дефокусировка светового пучка.

Генерация второй гармоники. Эффективность преобразования во вторую гармонику, длина когерентного взаимодействия. Условие фазового синхронизма в двулучепреломляющих кристаллах, угловая ширина синхронизма. Оптимизация условий генерации второй гармоники. Генерация второй гармоники при высокой эффективности преобразования.

Параметрические процессы в средах с квадратичной нелинейностью. Генерация волн на суммарной и разностной частоте, оптическое выпрямление. Каскадная генерация высших гармоник.

Параметрическое усиление и генерация. Параметрическое усиление в средах с квадратичной нелинейностью. Принцип работы параметрического генератора. Способы перестройки частоты параметрического генератора. Параметрическое усиление встречных волн.

Параметрические процессы в средах с кубической нелинейностью. Генерация третьей гармоники. Методы осуществления фазового синхронизма при генерации третьей гармоники. Четырехволновое смешение и генерация волн на суммарной и разностной частоте. Параметрическое усиление и генерация встречных волн при четырехволновом взаимодействии.

Вынужденное рассеяние света. Релеевское и комбинационное рассеяние света атомами и молекулами. Спонтанное и вынужденное комбинационное рассеяние. Вынужденное рассеяние Мандельштама-Бриллюэна.

Явление обращения волнового фронта. Фазовое сопряжение и обращение волнового фронта. Обращение волнового фронта при трех-, четырехволновом смешении и вынужденном рассеянии.

Современные проблемы нелинейной оптики. Понятие оптической бистабильности, оптической нутации, самоиндуцированной прозрачности, фотонного эха, сжатых световых состояний.

б) Рекомендуемые темы для самостоятельной работы

1. Проявление различных типов нелинейности при взаимодействии лазерного излучения с веществом. Конкуренция нелинейностей.
2. Формализм комплексных функций. Приближение медленно меняющихся амплитуд.
3. Направления синхронизма в положительных и отрицательных двулучепреломляющих кристаллах для различных типов взаимодействия.
4. Характеристики одно- и двухрезонаторных параметрических генераторов (порог и к.п.д. генерации, стабильность по частоте).

в) Рекомендуемые темы контрольных работ

1. Расчет изменения показателя преломления среды в условиях проявления различных механизмов нелинейности (керровский, резонансный, тепловой).
2. Расчет пороговой мощности и длины самофокусировки в среде с электрострикционным или керровским механизмом нелинейности.
3. Оценка фокусного расстояния отрицательной линзы, формирующейся в среде с тепловой нелинейностью.
4. Расчет направления синхронизма и угловой ширины синхронизма при генерации второй гармоники для различных типов взаимодействия в положительных и отрицательных двулучепреломляющих кристаллах.
5. Расчет эффективности генерации второй гармоники лазерного излучения в различных нелинейно-оптических кристаллах.

г) Рекомендуемые темы лабораторных занятий

1. Генерация второй гармоники.
2. Вынужденное комбинационное рассеяние.

III. РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

а) Основная

1. Н.Бломберген. Нелинейная оптика. М., Мир. 1966.
2. М.Шуберт, Б.Вильгельми. Введение в нелинейную оптику, часть I, II. М., Мир. 1973, 1979.
3. А.Ярив. Квантовая электроника. М., Мир 1980.
4. Ф.Качмарек. Введение в физику лазеров. М., Мир. 1981.
5. А.Ярив. Введение в оптическую электронику. М., Мир. 1983.

6. И.Р.Шен. Принципы нелинейной оптики. М., Наука. 1989.
7. А.Л.Толстик, И.Н.Агишев, Е.А.Мельникова. Лазерная физика. Лабораторный практикум. Мн.: БГУ, 2006.

б) Дополнительная

1. В.А.Пилипович, А.А.Ковалев. Оптические квантовые генераторы с просветляющимися фильтрами. Мн., Наука и техника. 1975.
2. П.А.Апанасевич. Основы теории взаимодействия света с веществом. Мн., Наука и техника. 1977.
3. Сверхкороткие световые импульсы. Под ред. С.Шапиро. М., Мир. 1981.
4. Б.Я.Зельдович, Н.Ф.Пилипецкий, В.В.Шкунов. Обращение волнового фронта. М., Наука. 1985.
5. Й.Херман, Б.Вильгельми. Лазеры сверхкоротких световых импульсов. М., Мир. 1986.
6. Х.Гиббс. Оптическая бистабильность. Управление светом с помощью света. М., Мир. 1988.
7. Н.Б.Делоне. Взаимодействие лазерного излучения с веществом. М., Наука. 1989.
8. В.Г.Дмитриев. Нелинейная оптика и обращение волнового фронта. М., Физматлит. 2001.
9. А.Л.Толстик. Многоволновые взаимодействия в растворах сложных органических соединений. Мн., БГУ. 2002.