

ПРОГРАММА КУРСА "ВВЕДЕНИЕ В НЕЛИНЕЙНУЮ ОПТИКУ"

Линейные и нелинейные системы. Примеры нелинейных эффектов в различных областях физики: акустика, гидродинамика, радиофизика. Нарушение принципа суперпозиции, гармонический анализ нелинейного отклика. Система уравнений Максвелла для электромагнитного поля в нелинейной среде. Первопричина нелинейнооптических эффектов – нелинейная поляризуемость вещества. Разложение поляризации среды по степеням электрического поля. Разложение волнового поля по плоским волнам и пространственно-временной интеграл Фурье. Квазимонохроматическое приближение. Примеры нелинейнооптических явлений.

Спектральный метод анализа линейного и нелинейного отклика среды. Пространственная и частотная дисперсия отклика. Симметрия материальных оптических тензоров. Элементы симметрии кристаллов и понятие о кристаллографических классах симметрии.

Плосковолновое приближение в оптике и редукция волнового уравнения. Учет дифракции и дисперсии света. Описание состояния поляризации света в плосковолновом приближении. Генерация второй гармоники в плосковолновом приближении. Длина когерентности и длина нелинейности. Фазовый синхронизм, режимы высокоэффективной и низкоэффективной генерации. Невырожденное трехчастотное взаимодействие. Соотношения Мэнли-Роу. Генерация суммарной и разностной частоты. Распадная неустойчивость и параметрическая генерация света (ПГС). Перестройка частоты ПГС. Варианты практической реализации эффективной генерации второй гармоники. Схемы резонаторной ПГС, структура спектра ПГС с двойным резонатором.

Линейная кристаллооптика. Ориентация векторов индукции и напряженности электрического поля в плоской волне в кристалле. Оптическая индикатриса. Одноосные кристаллы, обыкновенные и необыкновенные волны. Поверхности показателей преломления в оптически положительных и отрицательных кристаллах, типы синхронизма для генерации второй гармоники. Двухосные кристаллы, поверхность показателя преломления и ее особые точки. Примеры расчетов коэффициента эффективной нелинейности в одноосном и двухосном кристалле.

Линейное поглощение света, закон Бугера-Ламберта-Бэра. Модель гармонического осциллятора и лоренцевский профиль линии поглощения. Двухфотонное поглощение, зависимость интенсивности света от толщины среды. Вырожденное двухфотонное поглощение. Спонтанное и вынужденное комбинационное рассеяние (ВКР), стоксовы и антистоксовы волны. Полуклассические уравнения ВКР, условие усиления стоксовой волны.

Кубично-нелинейное самовоздействие эллиптически-поляризованного света. Плосковолновое приближение, фазовая самомодуляция и кросс-модуляция. Распространение импульсов в кубично-нелинейной среде, самокомпрессия. Одномерные оптические солитоны. Нелинейная дифракция световых пучков в кубично-нелинейной среде, самофокусировка. Оценки пороговой мощности самофокусировки в безабберационном приближении и при помощи метода моментов.

Поперечные моды лазерного излучения. Эрмит-Гауссовы и Лагерр-Гауссовы пучки. Оптический угловой момент, его разложение на орбитальные и спиновые составляющие. Генерация третьей гармоники в изотропной среде и сопутствующая конверсия углового момента взаимодействующих световых пучков. Особенности конверсии углового момента в средах с пространственной дисперсией нелинейно-оптического отклика.

Оптика сверхкоротких лазерных импульсов. Методы описания сверхкоротких импульсов. Основные характеристики импульсов: огибающая интенсивности и электрического поля, длительность и энергия импульсов, спектральная и временная фаза импульсов. Спектрально-ограниченные импульсы. Современные лазерные источники фемтосекундных импульсов. Пассивная синхронизация мод.

Дисперсия фазовой и групповой скорости сверхкоротких импульсов в среде. Нормальная и аномальная дисперсия. Дисперсионное расплывание импульсов в среде. Дисперсионная длина. Высшие порядки дисперсии. Компенсация фазового набега. Призмный и решеточный компрессор длительности импульсов. Влияние нелинейного чирпа на форму сверхкороткого импульса. Пути компенсации нелинейного чирпа.

Измерение временной формы сверхкоротких импульсов. Спектральная интерференция импульсов, восстановление спектральной фазы. Необходимость нелинейно-оптических явлений для получения информации о форме импульса. Автокорреляция огибающей интенсивности импульса. Кросскорреляционные измерения с известным импульсом. Оптическое стробирование с разрешением по частоте. Сравнение методов на основе спектральной интерференции и оптического стробирования. Иерархия нелинейных процессов для характеристики импульсов. Конверсия инфракрасного излучения в видимый диапазон.

Основы волноводной оптики. Основные виды и свойства световодов. Оптические волокна с твердотельной и полый сердцевиной. Причины, удерживающие свет внутри сердцевины. Собственные моды и константы распространения у световода со ступенчатым показателем преломления. Одномодовые и многомодовые световоды. Устойчивые к вращению поляризации световоды.

Нелинейная оптика сверхкоротких лазерных импульсов. Основные нелинейные эффекты, действующие на распространяющийся в среде фемтосекундный импульс. Нелинейное уравнение Шредингера для

короткого лазерного импульса. Фазовая самомодуляция и кроссмодуляция. Нелинейная длина. Поворот поляризации в нелинейном оптическом световоде. Действие фазовой самомодуляции на импульс в области нормальной и аномальной дисперсии групповых скоростей. Оптические солитоны. Пассивная синхронизация мод в световодных лазерах.

Нелинейные эффекты с задержанным откликом. Внутриимпульсное комбинационное рассеяние света. Укручение волнового фронта. Искажение формы импульсов и разрушение солитонных решений. Нелинейная компрессия импульсов. Генерация суперконтинуума сверхкороткими импульсами. Когерентность суперконтинуума. Фотоиндуцированная ионизация: многофотонная, ионизация и лавинная ионизация. Практические применения суперконтинуума.

Лазерные импульсы предельно малой длительности. Фаза набивки относительно огибающей интенсивности импульса (ФНО). Измерение ФНО. Активная и пассивная стабилизация ФНО. Генерация и измерение предельно коротких импульсов со стабильной ФНО. Аттосекундная оптика с использованием предельно коротких импульсов.

Нелинейная оптика среднего, дальнего инфракрасного и терагерцового диапазонов. Особенности взаимодействия излучения и вещества в данных областях спектра. Спектроскопия молекулярных колебаний. Генерация и регистрация длинноволновых импульсов.

Методы нелинейной оптики для задач визуализации. Квадратичная и кубическая гиперполяризуемость молекул. Генерация второй и третьей оптических гармоник биотканями. Микроскопия когерентного комбинационного рассеяния света клеточных культур. Безмаркерная нелинейно-оптическая микроскопия как метод экспресс диагностики заболеваний. Микроскопия сильно рассеивающих сред при двух- и трехфотонном возбуждении флуоресцентных маркеров.

Основы нанофотоники. Многократное преодоление дифракционного предела оптической микроскопии методами нелинейной оптики. Нелинейная оптика микро- и наноструктур. Поверхностное усиление нелинейного отклика. Плазмоны и поляритоны для повышения эффективности нелинейных процессов.