

1. Практикум С
(Спектроскопический
практикум).
Ответственный за
раздел С:
м.н.с. А.В.Мушенков.

Лабораторная работа №С-1.
Призмный спектрограф. Основы
спектроскопического эксперимента.
Качественный спектральный анализ.

Аннотация работы

В лабораторной работе проводится ознакомление с основами классического спектроскопического эксперимента на примере простейшего разборного призмного спектрографа.

Экспериментальной целью является качественный спектральный анализ плазмы высокочастотного разряда.

В задачу выполняющего лабораторную работу входит: сборка и юстировка спектрографа, определение экспериментального и теоретического значений нормальной ширины щели, фотографирование спектра исследуемого источника света, калибровка спектрографа по известным линиям ртути и идентификация неизвестного инертного газа по его спектру.

Авторы лабораторной работы: А.И.Акимов, Д.Г.Баканов,
В.В.Лебедева, А.В.Титов

Ответственный: м.н.с. А.В.Мушенков.
mushenkov@yandex.ru

1. Практикум С
(Спектроскопический
практикум).
Ответственный за
раздел С:
м.н.с. А.В.Мушенков.

Лабораторная работа №С-2.

Дифракционный монохроматор и регистрация спектров поглощения

Аннотация работы

В работе изучаются методы регистрации спектров поглощения на примере светофильтров. Исследования проводятся с помощью спектрального автоматизированного комплекса, основным элементом которого является монохроматор МДР-23 с дифракционной решёткой в качестве диспергирующего элемента.

Осветитель с лампой накаливания и расположенным внутри кожуха эллиптическим зеркалом создает пучок света с расходимостью около 3° . Для освещения входной щели монохроматора используется кварцевый конденсор.

Оптическая схема монохроматора является классической: входная щель - плоское поворотное зеркало - коллиматорное сферическое зеркало - дифракционная решетка - второе (камерное) сферическое зеркало - второе плоское поворотное зеркало - выходная щель монохроматора. Сферические зеркала располагаются на соответствующих фокусных расстояниях от входной и выходной щели, обеспечивая работу дифракционной решетки в параллельном пучке света и фокусировку на выходную щель. Увеличение системы близко к единице. Дифракционная решетка работает в видимом диапазоне спектра в первом порядке дифракции. Решетка закреплена в специальном держателе, который может поворачивать решетку вокруг её оси. При постепенном повороте решетки на второе сферическое зеркало (и, затем, на выходную щель монохроматора) направляются дифракционные максимумы от различных длин волн и, таким образом, осуществляется сканирование по спектру. Значение длины волны, направляемой на выходную щель в каждый момент времени (рабочая длина волны), выводится в специальное окошко-счетчик на корпусе монохроматора. Поворот производится с помощью шагового двигателя, расположенного в корпусе монохроматора и управляемого электрическим сигналом от отдельного блока. Рядом с входной щелью монохроматора расположена ручка, позволяющая открывать оптический затвор, перекрывающий световой поток на входе в монохроматор.

Прошедшее монохроматор излучение попадает в кюветное отделение. Здесь в параллельном пучке света на передвижной платформе может располагаться исследуемый объект.

Цель работы:

- 1) Получить общую аппаратную функцию установки. Получить спектр пропускания светофильтра.
- 2) По полученным данным построить спектр относительного пропускания светофильтра, определить рабочий диапазон фильтра, измерить максимальную величину пропускания.

Автор лабораторной работы: м.н.с. А.В.Мушенков.

Ответственный: м.н.с. А.В.Мушенков.

mushenkov@yandex.ru

1. Практикум С
(Спектроскопический
практикум).
Ответственный за
раздел С:
м.н.с. А.В.Мушенков.

Лабораторная работа №С-3 **Дифракционный спектрограф СТЭ-1.** **Регистрация на ПЗС линейку**

Аннотация работы

Лабораторная работа посвящена изучению основных свойств плоских дифракционных решеток с углом блеска и особенностей их работы в высоких порядках при скрещивании дисперсий решетки и дополнительного диспергирующего элемента.

Экспериментальные исследования проводятся на спектрографе СТЭ-1, дифракционная решетка которого работает в 3-м — 5-м порядках, а дополнительная дисперсия в поперечном направлении осуществляется призмой с небольшим преломляющим углом

В экспериментальную часть работы входит: юстировка осветительной системы спектрографа, съемка спектра ртути, натрия и железа в видимой и ультрафиолетовой областях для отождествления спектральных линий и расшифровка спектров. Определяется линейная дисперсия в каждом порядке, рабочая длина спектра, проводится сравнение экспериментальных результатов с рассчитанными теоретически.

Авторы лабораторной работы: с.н.с. В.В.Лебедева, м.н.с.
А.В.Мушенков.

Ответственный: м.н.с. А.В.Мушенков.
mushenkov@yandex.ru

1. Практикум С
(Спектроскопический
практикум).
Ответственный за
раздел С:
м.н.с. А.В.Мушенков.

Лабораторная работа №С-4 (16).
Спектральные характеристики
интерференционных светофильтров и
диэлектрических зеркал

Аннотация работы

В работе изучаются характеристики диэлектрических зеркал в спектральном диапазоне 300 — 800 нм, контур полосы пропускания интерференционного светофильтра и положение максимума полосы его пропускания в зависимости от угла наклона фильтра относительно луча света.

Исследования проводятся с помощью спектрального автоматизированного комплекса на основе дифракционного монохроматора МДР-23, аналогичного описанному в задаче 2.

Цель работы:

1) Получить спектры относительного пропускания фильтра при различных углах падения света. По полученным данным построить графики, указанные в первой части задания. Определить угловую апертуру светофильтра.

2) Получить спектр относительного пропускания диэлектрического зеркала в широком спектральном диапазоне, измерить величину пропускания в области плато с возможно более высокой точностью для данного режима работы измерительной аппаратуры.

Имеется также дополнительная теоретическая часть задачи по компьютерному моделированию свойств многослойных диэлектрических покрытий. Возможно моделирование различных вариантов с получением графиков зависимости коэффициента отражения зеркала от частоты и длины волны света.

Автор лабораторной работы: доц. Федосеев А.И.,
м.н.с. А.В.Мушенков.

Ответственный: м.н.с. А.В.Мушенков.
mushenkov@yandex.ru

1. Практикум С
(Спектроскопический
практикум).
Ответственный за
раздел С:
м.н.с. А.В.Мушенков.

Лабораторная работа №С-5.
Сверхтонкая и изотопическая структура
спектральной линии ртути 546,1 нм.
(интерферометр Фабри-Перо)

Аннотация работы

Целью лабораторной работы является изучение явления сверхтонкого и изотопического расщепления спектральных линий на примере естественной смеси изотопов ртути с использованием эталона Фабри-Перо и призменного спектрографа со скрещенными дисперсиями.

Экспериментальная часть работы включает в себя: юстировку оптической схемы и интерферометра Фабри-Перо, получение интерферограмм содержащих картину расщепления линии ртути 546,1 нм в нескольких порядках интерференции и определение частотных интервалов между компонентами спектра.

Для интерпретации экспериментальных данных строится теоретическая схема сверхтонкого расщепления энергетических уровней для всех изотопов ртути, проводится ее сравнение с экспериментальными результатами и идентификация наблюдаемых линий.

Теоретическая часть лабораторной работы включает достаточно подробное квантовомеханическое описание формирования магнитного момента ядра, механизма сверхтонкого расщепления уровней, правил отбора для переходов, проиллюстрированное практическими примерами для атомов разных элементов, а также общих свойств и различных случаев изотопического расщепления.

Авторы лабораторной работы: А.С.Яров, А.В.Титов
Ответственный: м.н.с. А.В.Мушенков.
mushenkov@yandex.ru

1. Практикум С
(Спектроскопический
практикум).
Ответственный за
раздел С:
м.н.с. А.В.Мушенков.

Лабораторная работа №С-6.
Качественный анализ по спектрам
комбинационного рассеяния света различных
органических веществ и их смесей. (МДР-23)

Аннотация работы

Целью лабораторной работы является изучение явления комбинационного рассеяния света (КРС) и возможностей его использования для определения молекулярного состава смеси органических жидкостей.

В ходе выполнения работы записываются спектры комбинационного рассеяния света различных органических веществ и их смесей. По расшифрованным спектрам определяются частоты линий КРС и собственные частоты колебательных переходов в молекулах рассеивающих частиц. Идентификация состава смеси органических жидкостей осуществляется сравнением измеренных значений частот молекулярных колебаний с табличными величинами.

Для регистрации спектров КРС используется спектральный вычислительный комплекс КСВУ, работающий как в автоматическом, так и в ручном режиме.

Теоретическое рассмотрение основ явления КРС проведено на базе классического подхода, использующего представление об электронной поляризуемости молекул. Отдельные особенности комбинационного рассеяния объясняются с помощью квантовых представлений.

Автор лабораторной работы: Лебедева В.В. , Заворотный Ю.В.
Ответственный: с.н.с. Семенова Н.Л.
semenovanl@mail.ru

1. Практикум С
(Спектроскопический
практикум).
Ответственный за
раздел С:
м.н.с. А.В.Мушенков.

Лабораторная работа №С-7.

Определение момента инерции и межядерного расстояния молекулы циана.

Аннотация работы

Целью лабораторной работы является ознакомление с электронными спектрами молекул и их вращательной структурой на примере молекулы CN.

Спектр испускания молекул CN, возбуждаемых в электрической дуге, фотографируется в ультрафиолетовой области на дифракционном спектрографе с высокой дисперсией СТЭ-1.

Выполняемое задание включает в себя юстировку источника и осветительной системы спектрографа, выбор ширины щели, фотографирование спектра циана и реперного спектра железа, расшифровку спектров и измерение длин волн линий одной из электронно-колебательных полос CN. Полученные данные используются для определения вращательных постоянных верхнего и нижнего состояний молекулы и расчета по ним моментов инерции молекулы и межядерных расстояний.

В теоретической части описания лабораторной работы дается сводка сведений об электронных спектрах двухатомных молекул, которые объясняются на основе простейшей квантово-механической модели. Особое внимание уделяется вопросам взаимодействия различных видов движения в молекулах, а также классификации и систематике молекулярных состояний.

Авторы лабораторной работы: проф. А.И.Федосеев, м.н.с.
А.В.Мушенков.

Ответственный: м.н.с. А.В.Мушенков.
mushenkov@yandex.ru

**2. Практикум К
(Компьютерный
раздел практикума).
Ответственный за
раздел К:
ст.н.с. Ю.В.Рыжикова.**

Лабораторная работа №К-1 Методы обработки сигналов и изображений, основанные на аппарате математической статистики

Аннотация работы

В лабораторной работе проводится моделирование и обработка случайных сигналов на основе использования традиционных методов теории вероятностей и математической статистики. В первой части работы выполняется предварительная статистическая обработка заданных сигналов, включающая построение гистограмм распределений случайных величин и функций плотности распределения вероятности, а также определение основных статистических характеристик (мода, медиана, размах, выборочная дисперсия, коэффициент асимметрии, коэффициент эксцесса и др.). Во второй части работы выполняется статистическая обработка анализируемых стохастических зависимостей между случайными величинами на основе применения корреляционного анализа. При этом проводится количественная оценка и интерпретация ряда важных параметров – радиуса корреляции, коэффициентов и значений функций корреляции сигналов.

Лабораторная работа дает практические навыки использования численного моделирования для статистической обработки сигналов со сложной пространственно-временной структурой.

Авторы методической разработки:

О.М. Вохник, А.М. Зотов, П.В. Короленко, Ю.В. Рыжикова

Ответственный: ст.науч.сотр. Ю.В.Рыжикова.

Рыжикова Юлия Владимировна ryzhikovaju@rambler.ru

Электронная ссылка на описание задачи:

http://optics.phys.msu.ru/wp-content/uploads/2014/11/stochastic_signal_and_structure.pdf

**2. Практикум К
(Компьютерный
раздел практикума).
Ответственный за
раздел К:
ст.н.с. Ю.В.Рыжикова.**

Лабораторная работа №К-2 Спектральный метод обработки стохастических и детерминированных структур

Аннотация работы

Лабораторная работа посвящена применению спектрального метода обработки стохастических и детерминированных сигналов разной физической природы. На основе численного моделирования осуществляется классический спектральный анализ, основанный на выполнении преобразований Фурье и заключающийся в разложении сигнала на его частотные составляющие, а также оценке их спектральных характеристик – амплитуды, фазы, спектральной плотности мощности и др.

В настоящей работе рассмотрены условия применимости теоремы Винера-Хинчина и особенности проведения спектрального анализа случайных сигналов с привлечением основных функциональных величин корреляционного анализа.

Лабораторная работа развивает способность создавать математические модели, интерпретировать результаты расчетов и использовать полученные знания в профессиональной деятельности.

Авторы методической разработки:

О.М. Вохник, А.М. Зотов, П.В. Короленко, Ю.В. Рыжикова

Ответственный: ст.науч.сотр. Ю.В.Рыжикова.

Рыжикова Юлия Владимировна ryzhikovaju@rambler.ru

Электронная ссылка на описание задачи:

http://optics.phys.msu.ru/wp-content/uploads/2014/11/stochastic_signal_and_structure.pdf

**2. Практикум К
(Компьютерный
раздел практикума).
Ответственный за
раздел К:
ст.н.с. Ю.В.Рыжикова.**

Лабораторная работа №К-3 Фрактальные методы обработки сигналов и изображений

Аннотация работы

В лабораторной работе проводится численное моделирование и фрактальный анализ стохастических сигналов (или изображений) с фрактальными признаками. Первая часть работы включает в себя задание и структурный анализ сигналов (или изображений), сформированных на основе фрактальной и мультифрактальной функций Вейерштрасса. Вторая часть работы состоит в тестирование различных фрактальных методов обработки структур, основой которых служит определение структурных функций. Работа с заданными объектами позволяет исследовать трансформацию формы различных реализаций сигналов (сечений изображений) от ряда параметров (фрактальной размерности, коэффициентов масштабирования и пр.) и обнаружить закономерности общего характера.

В ходе выполнения лабораторной работы учащиеся знакомятся с фрактальным формализмом, а также его практическими применениями к современным физическим исследованиям.

Авторы методической разработки:

О.М. Вохник, А.М. Зотов, П.В. Короленко, Ю.В. Рыжикова

Ответственный: ст.науч.сотр. Ю.В.Рыжикова.

Рыжикова Юлия Владимировна ryzhikovaju@rambler.ru

Электронная ссылка на описание задачи:

http://optics.phys.msu.ru/wp-content/uploads/2014/11/stochastic_signal_and_structure.pdf

**2. Практикум К
(Компьютерный
раздел практикума).
Ответственный за
раздел К:
ст.н.с. Ю.В.Рыжикова.**

Лабораторная работа №К-4 Вейвлет-анализ стохастических структур

Аннотация работы

Лабораторная работа посвящена применению вейвлет-анализа к обработке стохастических сигналов и структур. Применение вейвлет-преобразований позволяет дополнить характеристики анализируемых сигналов (изображений), получаемые обычными статистическими методами и расширить подходы к оценке скейлинговых параметров объектов с фрактальными признаками. Первая часть работы состоит в проведении вейвлет-анализа стохастических сигналов на основе применения различных вейвлет-образующих функций. Вторая часть задачи состоит в нахождении и анализе основных энергетических характеристик сигналов (глобальный спектр энергии, мера контрастности, мера локальной перемежаемости) с помощью численных методов.

В ходе выполнения лабораторной работы акцент делается на знакомство учащихся с практическими применениями вейвлет-преобразований в области современных оптических исследований.

Авторы методической разработки:

О.М. Вохник, А.М. Зотов, П.В. Короленко, Ю.В. Рыжикова

Ответственный: ст.науч.сотр. Ю.В.Рыжикова.

Рыжикова Юлия Владимировна ryzhikovaju@rambler.ru

Электронная ссылка на описание задачи:

http://optics.phys.msu.ru/wp-content/uploads/2014/11/stochastic_signal_and_structure.pdf

**2. Практикум К
(Компьютерный
раздел практикума).
Ответственный за
раздел К:
ст.н.с. Ю.В.Рыжикова.**

**Лабораторная работа №К-5
Методы обработки хаотических сигналов на
основе применения аппарата нелинейной
динамики)**

Аннотация работы

В лабораторной работе на примере логистического отображения исследуются различные режимы поведения динамической системы. Рассматриваются периодический режим, режим хаоса и промежуточные режимы, характеризующиеся удвоением периода. Анализ состояния динамической системы осуществляется по спектральным характеристикам, величине показателя Ляпунова, величины корреляционной размерности. Учащиеся осваивают численные способы построения и диаграмм Ламерея и генерации бифуркационных диаграмм.

Авторы методической разработки:

О.М. Вохник, А.М. Зотов, П.В. Короленко, Ю.В. Рыжикова

Ответственный: ст.науч.сотр. А.М. Зотов.

Алексей Михайлович Зотов <azotov@gmail.com>

Электронная ссылка на описание задачи:

http://optics.phys.msu.ru/wp-content/uploads/2014/11/stochastic_signal_and_structure.pdf

**2. Практикум К
(Компьютерный
раздел практикума).
Ответственный за
раздел К:
ст.н.с. Ю.В.Рыжикова.**

**Лабораторная работа №К-6
Статистические и фрактальные методы анализа
пространственно-временных флуктуаций
лазерного излучения
(Регистрация изображений спекл-полей и их
компьютерная обработка)**

Аннотация работы

В лабораторной работе изучаются свойства спекл-полей, формирующихся при прохождении лазерного пучка через матовую пластину. Цель данной работы состоит в ознакомлении учащихся со статистическими характеристиками световых полей со сложным распределением амплитуды и фазы. При выполнении данной работы учащиеся также знакомятся с методами фрактального анализа оптических волн, рассеянных случайно неоднородными объектами.

Работа выполняется на учебно-научной установке, оснащение которой позволяет решать широкий круг задач, связанных с регистрацией и последующей компьютерной обработкой световых пучков со сложной пространственно-временной структурой. Применяемые методы обработки позволяют с единых позиций оценивать как статистику, так и скейлинг (масштабную инвариантность) в характеристиках рассеянных объектом световых пучков.

Авторы методической разработки: О.М. Вохник, Н.В. Грушина,
А.М. Зотов, П.В. Короленко

**Ответственный: ст.науч.сотр. А.М. Зотов.
Алексей Михайлович Зотов <azotov@gmail.com>**

**Электронная ссылка на описание задачи:
http://optics.sinp.msu.ru/prak/p34/tasc34_part2.pdf**

**2. Практикум К
(Компьютерный
раздел практикума).
Ответственный за
раздел К:
ст.н.с. Ю.В.Рыжикова.**

**Лабораторная работа №К-7
Статистические и фрактальные методы
анализа пространственно-временных флуктуаций
лазерного излучения
(Регистрация флуктуаций лазерных пучков в
случайно-неоднородных средах и их
компьютерная обработка)**

Аннотация работы

Лабораторная работа посвящена исследованию флуктуационной структуры излучения, прошедшего турбулентную среду. Наряду с определением общих статистических параметров флуктуаций излучения требуется обнаружить проявление в них скейлинга и определить фрактальные характеристики. Выполнение данной лабораторной работы преследует цель познакомить учащихся, со статистическими и фрактальными методами анализа свойств световых структур, формирующихся при прохождении оптического излучения через случайно-неоднородные турбулентные среды.

Работа выполняется на учебно-научной установке, включающей источник лазерного излучения и многоходовую кювету с турбулентной средой, параметры которой могут изменяться в процессе проведения измерений. Студентам предлагается программное обеспечение для многопараметрической обработки экспериментальных данных.

Авторы методической разработки: О.М. Вохник, Н.В. Грушина, А.М. Зотов, П.В. Короленко
Ответственный: ст.науч.сотр. А.М. Зотов.
Алексей Михайлович Зотов <azotov@gmail.com>

Электронная ссылка на описание задачи:
http://optics.sinp.msu.ru/prak/p34/tasc34_part2.pdf

**2. Практикум К
(Компьютерный
раздел практикума).
Ответственный за
раздел К:
ст.н.с. Ю.В.Рыжикова.**

Лабораторная работа №К-8 Компьютерное моделирование интерференционных явлений

Аннотация работы

Данная компьютерная задача знакомит студента с особенностями интерференции света при различных типах интерферирующих волн. Особое внимание уделяется интерференции волн с аберрациями и топологическими возмущениями волнового фронта. Кроме того, на примере интерферометра поперечного сдвига изучается принцип работы интерферометров – используемых в оптических экспериментах. При выполнении задачи вырабатывается “оптическая интуиция” – способность без вычислений чувствовать влияние различных факторов на структуру интерференционной картины. Студенты приобретают навыки настройки интерферометра для решения различных практических задач. Отчет по задаче содержит различные варианты интерференционных картин.

Авторы методической разработки: А.М. Зотов, Н.Н. Федотов

Ответственный: ст.науч.сотр. А.М. Зотов.

Алексей Михайлович Зотов <azotov@gmail.com>

Электронная ссылка на описание задачи:

<http://optics.sinp.msu.ru/prak/p26/prac26.htm>

**3. Практикум НО
(Нелинейная
оптика).**

**Ответственный за раздел
НО:**

доц. О.М.Вохник.

**Лабораторная работа №НО-41. 12 часов
Нелинейные оптические эффекты.**

Аннотация работы

В лабораторной работе на примере одного из основных нелинейных оптических эффектов - генерации второй гармоники - изучаются основные закономерности нелинейно-оптических явлений.

В экспериментальной части лабораторной работы визуально наблюдается преобразование инфракрасного излучения импульсного неодимового лазера ($\lambda = 1064$ нм) в видимое излучение второй гармоники ($\lambda = 532$ нм). Измеряется зависимость выходной мощности на удвоенной частоте от направления распространения основного излучения в кристалле - кривая синхронизма, определяется ее угловая ширина, измеряется коэффициент преобразования во вторую гармонику, рассчитывается теоретическое значение коэффициента преобразования, соответствующее измеренной мощности накачки. Проводится сравнение экспериментальных и рассчитанных величин. Для регистрации энергетических и временных характеристик оптических импульсов используются скоростные фотоэлементы и запоминающие осциллографы.

В теоретической части работы анализ нелинейных оптических эффектов проведен на базе классической теории взаимодействия интенсивного оптического излучения с материальной средой. Вводятся и обсуждаются понятия нелинейной поляризованности вещества, восприимчивостей второго и третьего порядков, фазового синхронизма.

Авторы лабораторной работы: О.М.Вохник, Л.С.Корниенко

Ответственный: доц. О.М.Вохник.

Ольга Михайловна Вохник vokhnik@rambler.ru

Электронная ссылка на описание задачи:

http://optics.phys.msu.ru/wp-content/uploads/2014/11/nonlinear_effects1.rar

4. Практикум ВО
(«Волоконная
оптика»).
Ответственный за
раздел ВО:
н.с. В.Г.Воронин.

Лабораторная работа №ВО-1. 12 часов
Интегральные потери в элементах волоконно-
оптической линии связи.

Аннотация работы

Лабораторная работа посвящена изучению физических механизмов потерь в элементах волоконно-оптической линии связи и особенностей эксперимента в волоконной оптике. Целью работы является ознакомление с основными видами потерь в волоконных световодах (поглощение, линейное и нелинейное рассеяние, радиационные потери), с потерями на ввод излучения в волоконные световоды и с потерями на соединение световодов.

Измерения потерь в лабораторной работе проводятся методом светопропускания. Экспериментальная часть работы включает в себя измерение мощности источника излучения, мощности на выходе волоконно-оптических линий связи на основе различных типов световодов в отсутствие и при наличии макро и микро-изгибов. Определяется критический радиус изгиба исследуемых волоконных световодов. Демонстрируется существенная зависимость потерь при вводе излучения в световод и потерь на соединение световодов от качества обработки поверхности торцов световодов. Выполняющие лабораторную работу приобретают навыки практической работы с аппаратом сварки оптических волокон, с устройствами ввода оптического излучения в волоконные световоды и с измерительной аппаратурой, применяемой в волоконно-оптических системах связи.

Авторы лабораторной работы: В.Г.Воронин, О.Е.Наний, А.Н.Туркин,
Д.Д.Щербаткин, В.И.Хлыстов

Ответственный: **А.Б.Васильев.**
abv@phys.msu.ru

Описание работы в библиотеках физфака МГУ и НИИЯФ.
Электронная ссылка на описание задачи:
<http://optics.phys.msu.ru/wp-content/uploads/2014/11/poteri.pdf>

4. Практикум ВО
(«Волоконная
оптика»).

Ответственный за
раздел ВО:
н.с. В.Г.Воронин.

Лабораторная работа №ВО-2. 12 часов.
Оптический рефлектометр

Аннотация работы

Лабораторная работа знакомит с принципом действия и дает практические навыки использования важнейшего прибора для тестирования волоконно-оптических линий связи – оптического рефлектометра с пространственно-временным разрешением. Оптический рефлектометр позволяет измерять не только интегральные потери в линии связи, но также распределение потерь вдоль нее и наличие отражающих дефектов. Кроме того, при измерениях с помощью оптического рефлектометра используется только один конец волоконного тракта. Это обстоятельство является существенным преимуществом при работе на проложенной, реально действующей линии оптической связи.

Данная работа знакомит с принципом действия импульсного оптического рефлектометра и методами измерений с его помощью полных и удельных потерь волокна, распределения потерь вдоль линии, с методами обнаружения и локализации обрывов и других дефектов волокна. В работе изучается, также, зависимость чувствительности и разрешающей способности рефлектометра от длительности тестирующего импульса, полосы приемника и количества измерений.

В описании работы приведена структура импульсного оптического рефлектометра и описаны функции его элементов, приведен типичный пример рефлектограммы и показаны методы ее обработки.

При выполнении упражнений определяются удельные потери различных типов волокон, длина волокна, наличие сварок и других неоднородностей. Также определяются такие характеристики рефлектометра, как динамический диапазон, мертвая зона и их зависимость от длительности импульса и числа измерений.

Выполняющие работу приобретают навыки практической работы с рефлектометром, а также знакомятся с физическими механизмами затухания и рассеяния света в оптических линиях связи.

1.В.Г.Воронин, О.Е.Наний, А.А.Кулик, А.Н.Туркин, Оптический рефлектометр, М., Университетская книга, 2007. (Библиотеки физфака МГУ и НИИЯФ).

2.Optics.phys.msu.ru/studentam/praktikum. Оптический рефлектометр.

3.Электронная библиотека РГБ ISBN 978-5-91304-024-4.
В.Г.Воронин,О.Е.Наний,А.А.Кулик,А.Н.Туркин. Оптический рефлектометр.

Авторы лабораторной работы:В.Г.Воронин,
О.Е.Наний, А.А.Кулик, А.Н.Туркин.

Ответственный: ст.преп. А.Н.Туркин
andrey@turkin.su

Электронная ссылка на описание задачи:

http://nano.msu.ru/files/systems/4_2010/practical/40_full.pdf

4. Практикум ВО
(«Волоконная
оптика»).
Ответственный за
раздел ВО:
н.с. В.Г.Воронин.

Лабораторная работа №ВО-3. 12 часов.
Исследование распространения световых
импульсов в оптических волокнах
(компьютерное моделирование)

Аннотация работы

В лабораторной работе теоретически и с помощью численного моделирования рассмотрен процесс распространения оптических импульсов в волокне с учетом дисперсионных и нелинейных эффектов. Приведено нелинейное уравнение Шредингера, описывающее этот процесс.

Введены понятия дисперсионной и нелинейной длин, нормальной и аномальной дисперсии.

Вначале рассматривается расширение импульса под действием только дисперсии: нормальной и аномальной (когда нелинейностью можно пренебречь). Затем изучается расширение спектра под действием нелинейности (когда дисперсией можно пренебречь).

И, наконец, рассмотрено поведение импульса при одновременном воздействии нелинейности и дисперсии (нормальной и аномальной).

В заключительной части работы изучается влияние частотной модуляции входного сигнала на дисперсионное уширение импульса.

Студенты, выполняющие работу, знакомятся с физическими механизмами линейных и нелинейных искажений оптических импульсов при распространении в оптическом волокне; с механизмом сжатия импульсов, обладающих частотной модуляцией, в дисперсионных волокнах; с динамикой импульсов в присутствии дисперсии и нелинейной самомодуляции импульсов, с условиями образования оптических солитонов.

Авторы лабораторной работы: О.Е.Наний,
В.Г.Волков, В.Г.Воронин, В.А.Камынин
Ответственный: м.н.с. С.Н.Маркова.
snm2003@bk.ru

Описание работы в библиотеках физфака МГУ и НИИЯФ.
Электронная ссылка на описание задачи:
<http://optics.phys.msu.ru/wp-content/uploads/2014/11/pulse.pdf>

4. Практикум ВО
(«Волоконная
оптика»).
Ответственный за
раздел ВО:
н.с. В.Г.Воронин.

Лабораторная работа №ВО-4. 12 часов.
Механизмы потерь в одномодовых волоконно-
оптических линиях связи.

Аннотация работы

Работа посвящена изучению механизмов и методов измерения потерь в одномодовых волоконно-оптических линиях связи, а также приобретению навыков тестирования линий связи и их компонентов.

В отличие от работы ВО-1, в данной работе изучаются физические механизмы потерь в одномодовых оптических волокнах на длинах волн 1313 и 1546 нм. Изучаются физические механизмы и спектральные зависимости потерь различной природы (рэлеевские потери, поглощение, потери на соединениях, изгибные потери).

Описана широкая номенклатура одномодовых телекоммуникационных волокон (волокна со смещенной и несмещенной дисперсией, волокна с нелегированной сердцевиной, волокна со ступенчатым профилем показателя преломления и с профилем в виде треугольника и трезубца и др.). Приведен набор различных типов оптических разъемов с указанием величины потерь и обратного рассеяния.

Выполняющие лабораторную работу знакомятся с различными типами одномодовых волокон, с физическими механизмами потерь, приобретают практические навыки работы с одномодовыми световодами: соединения их с помощью оптических разъемов, измерения потерь методом вносимых потерь на разных длинах волн, определения потерь на сварных соединениях и на изгибах.

Работа выполняется на современном оборудовании, реализующем излучение и измерение мощности в ближнем ик-диапазоне.

Авторы лабораторной работы: А.Б. Васильев, В.Г.Воронин,
В.А.Камынин, С.Н. Лукиных, О.Е. Наний

Ответственный: С.Н.Лукиных
lukinyh@t8.ru

Описание работы в библиотеке
физического факультета МГУ.

**4. Практикум ВО
(«Волоконная
оптика»).**

**Ответственный за
раздел ВО:
н.с. В.Г.Воронин.**

**Лабораторная работа №ВО-5. 18 часов.
Иттербиевый волоконно-оптический лазер.**

Аннотация работы

Лабораторная работа знакомит с устройством, принципом работы, генерационными и спектральными характеристиками излучения одномодового волоконно-оптического лазера с полупроводниковой накачкой. Целью работы является измерение спектра, мощности излучения, ватт-амперных характеристик и КПД волоконно-оптического лазера в режиме непрерывной генерации.

Экспериментальная часть работы включает в себя измерение мощности лазера накачки и волоконного лазера в до- и надпороговом режимах генерации, измерение спектра излучения волоконного лазера и его зависимости от мощности накачки. Полученные экспериментально генерационные характеристики сравниваются с теоретическими зависимостями и определяются внутренние параметры лазера, не доступные для прямого измерения.

В теоретической части задачи обсуждается принцип работы волоконно-оптического лазера, дана его оптическая схема, описаны структура активного стекловолокна, обеспечивающая эффективное согласование излучения накачки с активными частицами, и устройство распределенных брэгговских зеркал, приведена полуклассическая теория волоконного лазера. Особое внимание уделяется анализу влияния различных факторов на КПД лазера.

Выполняющие лабораторную работу приобретают навыки практического использования полупроводниковых и волоконно-оптических лазеров а также методов и средств измерения их энергетических и спектральных характеристик.

Авторы лабораторной работы: А.С.Курков,
О.Е.Наний, А.Н.Туркин, В.А.Камынин.

Ответственный: н.с. В.Г. Воронин.
voroninv@list.ru

**Описание работы находится
в практикуме * Волоконная оптика *.**

5. Практикум Т
«Оптическая передача информации» (на базе компании НТЦ Т8).
Ответственный за раздел Т:
проф. О.Е.Наний.

Лабораторная работа №Т-1. Измерение DWDM линий

Аннотация работы

В работе изучаются методы измерения спектральных характеристик DWDM систем связи и параметров, характеризующих качество их работы: оптическое отношение сигнал-шум (OSNR), коэффициент ошибок (BER), Q-фактор, глаз-диаграмма. Особое внимание уделено точности измерения OSNR, т.к. его величина дает важную информацию о величине шума в канале связи и поэтому входит в число нормируемых параметров для оптических интерфейсов.

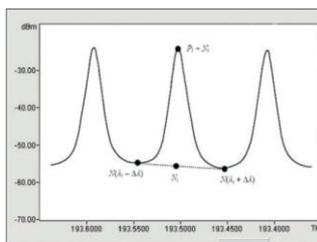


Рис.1. Методика измерения OSNR в DWDM системах связи

Экспериментальные упражнения

Упражнение 1. Измерение суммарной мощности DWDM сигнала и неравномерности мощности DWDM каналов. Измерить измерителем мощности суммарную мощность. При помощи OSA измерить мощности каналов. По данным измерения мощностей каналов рассчитать неравномерность спектра и перекос спектра. Оценить ошибки измерений суммарной и канальных мощностей DWDM сигнала.

Упражнение 2. Измерение длин волн излучения оптических передатчиков. Измерить длины волн излучения оптических передатчиков с помощью OSA. Сравнить измеренные значения длин волн с частотным планом DWDM (ITU), определить номинальные частоты каналов. Определить отклонение несущих частот от номинальных частот каналов.

Упражнение 3. Измерение OSNR DWDM сигнала. Измерить уровни мощности каналов и аппроксимированные значения мощности шума (измеренные в оптимальной полосе RBW). Измерить величину OSNR и перевести ее к референсной полосе 0,1 нм.

Упражнение 4. Измерение погрешности измерения OSNR многоканального сигнала. Измерить суммарную мощность четырех передатчиков 2,5 Гбит/с соседних DWDM каналов с межканальным расстоянием 100 ГГц. При помощи OSA измерить мощности каналов. Оценить чувствительность OSA при различных скоростях сканирования (различной ширине видеофильтра). Вычислить ошибку измерений при различных скоростях сканирования.

Упражнение 5. Измерение коэффициента ошибок. Измерить коэффициент ошибок по петлевой схеме.

Упражнение 6. Анализ качества канала связи по форме глаз-диаграммы. Получить изображение глаз-диаграммы. По полученной глаз-диаграмме выполнить измерение энергетических параметров формы сигнала, рассчитать параметры помехоустойчивости исследуемого канала системы DWDM. Используя результаты анализа глаз-диаграммы, зарисовать в масштабе контур глаз-диаграммы исследуемого канала с отображением необходимых для последующего построения маски параметров. Согласно рекомендациям стандарта ITU-T G.957, нанести на построенную глаз-диаграмму маски (шаблоны), соответствующие уровням SDH STM-1, STM-4 и STM-16.

Авторы лабораторной работы: В.Н.Листвин, О.Е.Наний,
А.Ю.Плоцкий, В.Н.Трещиков, Р.Р.Убайдуллаев.

Ответственный: С.Н.Лукиных
lukinyh@t8.ru

5. Практикум Т
«Оптическая передача информации» (на базе компании НТЦ Т8).
Ответственный за раздел Т:
проф. О.Е.Наний.

Лабораторная работа №Т-2. Оптический усилитель (EDFA)

Аннотация работы

В работе изучаются методы измерения характеристик эрбиевых оптических усилителей (EDFA), характеризующих качество их работы: коэффициент усиления, шум-фактор (NF), равномерность спектра усиления и его перекося.

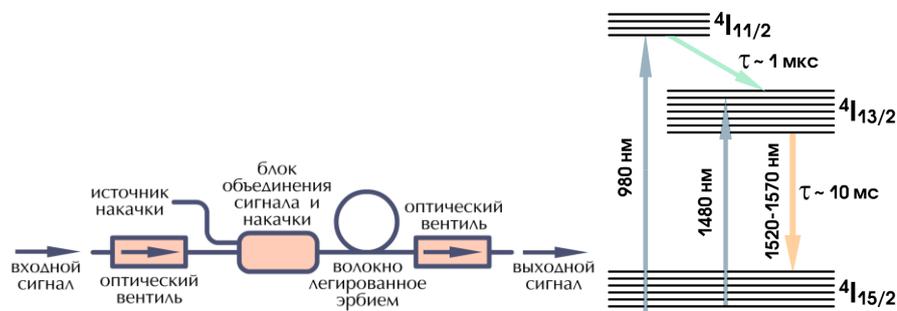


Рис.1. Упрощенная схема (слева) эрбиевого волоконного усилителя (EDFA) и схема энергетических уровней ионов эрбия (справа).

Экспериментальные упражнения

Упражнение 1. Насыщение коэффициента усиления оптического усилителя EDFA. Измерить зависимость выходной мощности сигнала от входной мощности сигнала. Построить график зависимости коэффициента усиления от входной/выходной мощности сигнала. Аппроксимировать экспериментальную зависимость коэффициента усиления от входной/выходной мощности теоретической кривой и определить мощность насыщения

Упражнение 2. Измерение спектральных характеристик усиления оптического усилителя EDFA. Измерить неравномерность коэффициента усиления широкополосного сигнала эрбиевым усилителем и перекося спектра усиленного сигнала.

Упражнение 3. Измерение спектральных характеристик усиления. Измерить неравномерность коэффициента усиления DWDM сигнала эрбиевым усилителем и перекося спектра усиленного сигнала. Сравнить величину динамического и статического перекося спектров.

Упражнение 4. Измерение шум-фактора. Измерить мощность сигнала, подаваемого на вход усилителя. Измерить величину отношения сигнал-шум на выходе оптического усилителя. Рассчитать шум-фактор оптического усилителя на длине волны 1550 нм (режим стабилизации мощности накачки) по формуле:

$$nf = 58 + p_{S,IN} - osnr_{OUT}$$
 Рассчитать погрешности измерения шум-фактора по величине погрешности измерений мощности входного сигнала и отношения сигнал-шум выходного сигнала.

Упражнение 5. Измерение зависимости перекося спектра усиления оптического усилителя (EDFA) от коэффициента усиления. Измерить зависимость перекося спектра усиления широкополосного источника от мощности входного излучения (сигнал) от источника на длине волны 1550 нм (режим стабилизации мощности накачки). Измерить коэффициент усиления сигнала на длине волны 1550 нм от его входной мощности. Определить (рассчитать) зависимость перекося от коэффициента усиления.

Упражнение 6. Измерение величины спектральной неоднородности насыщения коэффициента усиления. Измерить спектр усиления DWDM сигнала эрбиевым усилителем при плотном расположении каналов и при расстоянии между каналами более 8 нм. Сравнить величину насыщения и оценить спектральную неоднородность насыщения коэффициента усиления.

Авторы лабораторной работы: В.Н.Листвин,
 О.Е.Наний, А.Ю.Плоцкий, В.Н.Трещиков, Р.Р.Убайдуллаев

Ответственный: С.Н.Лукиных

lukinyh@t8.ru

5. Практикум Т
«Оптическая передача информации» (на базе компании НТЦ Т8).
Ответственный за раздел Т:
проф. О.Е.Наний.

Лабораторная работа №Т-3. Оптический передатчик-транспондер

Аннотация работы

В работе изучаются методы измерения характеристик транспондеров, характеризующих качество их работы: критический OSNR, оптимальная дисперсия, глубина модуляции (коэффициент гашения).

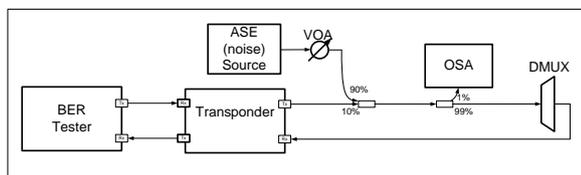


Рис. 1. Схема измерения критического OSNR методом внесения добавочных шумов; Tr – Транспондер, BER Tester – измеритель коэффициента ошибок, ASE – широкополосный источник усиленного спонтанного излучения, VOA – переменный аттенюатор, OSA – оптический анализатор спектра, DMUX – демультиплексор

Экспериментальные упражнения

Упражнение 1. Измерение критического OSNR транспондера. Схема измерений приведена на рис.1. Установив оптимальные (номинальные) значения выходной мощности транспондера при помощи источника шума изменяется OSNR. С использованием аттенюатора (усилителя) устанавливается номинальная мощность на приемнике. Измерить зависимость BER от OSNR. Определить величину OSNR, при которой достигается значение $BER=10^{-10}$.

Упражнение 2. Измерение оптимальной дисперсии транспондера. В схему рис.1 добавить дисперсионный элемент с переменной дисперсией или попеременно включать элементы с разной по величине фиксированной дисперсией. Построить зависимость BER от дисперсии. Минимум зависимости соответствует оптимальной дисперсии.

Упражнение 3. Измерение параметров передатчиков. К выходу транспондера (к передатчику) подключить оптический осциллограф и измерить параметры глаз-диаграммы. По глаз-диаграмме определить глубину модуляции и параметр Q.

Упражнение 4. Измерение зависимости критического OSNR транспондера от глубины модуляции. Для нескольких транспондеров с разной глубиной модуляции определить величину OSNR, при которой достигается значение $BER=10^{-10}$.

Авторы лабораторной работы: В.Н.Листвин, О.Е.Наний, С.О.Плаксин,
А.Ю.Плоцкий, В.Н.Трещиков, Р.Р.Убайдуллаев

Ответственный: С.Н.Лукиных
lukinyh@t8.ru

6. Практикум СИ
«Люминесценция»
Ответственный за
раздел СИ:
м.н.с. И.В.Марков.

Лабораторная работа №СИ-1
Определение оптических констант из
коэффициента отражения с использованием
соотношений Крамерса-Кронига

Аннотация работы

Целью лабораторной работы является исследование применения соотношений Крамерса-Кронига для диэлектрической проницаемости и коэффициента отражения. Реализация алгоритма применения соотношений Крамерса-Кронига осуществлена с помощью быстрого преобразования Фурье.

В первой части лабораторной работы для получения действительной части диэлектрической проницаемости из мнимой части используются модельные зависимости диэлектрической проницаемости от частоты (набор из нескольких осцилляторов с различными энергиями, силами осцилляторов и полуширинами).

Во второй части лабораторной работы анализируется приближенный характер соотношений Крамерса-Кронига для коэффициента и фазы отражения. Выполняющему работу необходимо подобрать добавочную фазовую функцию из равенства нулю фазы в области прозрачности и из четырех правил сумм. После этого осуществляется расчет оптических функций из экспериментальных данных по спектрам отражения широкозонных диэлектриков (LaF_3 , CaF_2 , MgO и др.), полученным с помощью синхротронного излучения.

В ходе выполнения работы студенты получают практические навыки расчета оптических функций, используя экспериментальные данные по спектру отражения в условиях нормального падения света на исследуемый образец в области фундаментального поглощения, с помощью соотношений Крамерса-Кронига и понимание, как они были получены.

Лабораторная работа реализована в виде набора рабочих листов пакета Mathcad.

Авторы лабораторной работы:
А.Н.Васильев, Д.А.Спасский, Марков И. В.
Ответственный: м.н.с. И. В.Марков.
igormarkov@yandex.ru

**7.Практикум Н
Физики наносистем
(на базе ФНИЦ
"Кристаллография
и Фотоника" РАН).
Ответственный за
раздел Н:
доц. С.Ю.Стремоухов.**

Лабораторная работа №Н-1. Рентгеноструктурный анализ монокристаллических образцов.

Аннотация работы

Цель работы – ознакомление с основами рентгеноструктурного анализа для исследования монокристаллов с использованием рентгеновского дифрактометра.

Рентгеноструктурный анализ монокристаллов позволяет определить геометрию кристаллической решетки (включая параметры элементарной ячейки, симметрию), координаты и тепловые параметры атомов. Структурное исследование монокристаллов начинается с подготовки образцов для исследования. Оптимальные линейные размеры монокристаллических образцов при использовании лабораторных источников рентгеновского излучения составляют 0.1-0.3 мм. Дифракционный эксперимент проводят на специальном приборе - рентгеновском дифрактометре. Определение структуры монокристаллов состоит из следующих основных этапов: получение дифракционных данных; установление параметров элементарной ячейки кристалла (на основе анализа геометрии дифракционной картины); определение принадлежности кристалла к одной из 230 пространственных групп симметрии (анализируя интенсивности дифракционных отражений); расшифровка основного мотива структуры (с применением функций Патерсона, прямыми методами, методом «charge-flipping», др.); уточнение модели атомной структуры (методом наименьших квадратов); интерпретация результатов. Современные структурные исследования позволяют также установить и более тонкие характеристики структуры кристаллов: распределение валентных электронов, детали теплового движения атомов и другие.

Авторы лаб. работы: И.П. Макарова, А.П. Дудка
Ответственный: доц. С.Ю.Стремоухов.
sustrem@gmail.com

<p>7. Практикум Н Физики наносистем (на базе ФНИЦ "Кристаллография и Фотоника" РАН). Ответственный за раздел Н: доц. С.Ю.Стремоухов.</p>	<p style="text-align: center;">Лабораторная работа №Н-2.</p> <p style="text-align: center;">Основные возможности метода поликристалла и особенности получения рентгенограмм на обычных и синхротронных источниках. Метод Ритфельда.</p> <p>Аннотация работы Цель работы – Ознакомление с возможностями метода порошка (метода поликристалла), получение рентгенограммы на дифрактометре X'PERT PRO. Проведение прецизионных измерений параметров решётки. Уточнение атомной и реальной структуры методом Ритфельда по рентгенограммам, полученным на обычных дифрактометрах.</p> <p>Порошковый метод (метод поликристалла или Дебая-Шеррера-Хэлла) является одним из основных при исследовании атомной и реальной структуры веществ. Для съёмки используют образцы из хаотично перемешанных мелких (1-10 мкм) зерен. При облучении таких образцов монохроматическим излучением возникает система дифракционных коаксиальных конусов, осью которых является первичный луч.</p> <p style="text-align: right;">Авторы лаб. работы: С.Н. Сульянов Ответственный: доц. С.Ю.Стремоухов. sustrem@gmail.com</p>
<p>7. Практикум Н Физики наносистем (на базе ФНИЦ "Кристаллография и Фотоника" РАН). Ответственный за раздел Н: доц. С.Ю.Стремоухов.</p>	<p style="text-align: center;">Лабораторная работа №Н-3.</p> <p style="text-align: center;">Основы двухкристальной рентгеновской дифрактометрии.</p> <p>Аннотация работы Цель работы – Ознакомление с основами метода двухкристальной рентгеновской дифрактометрии и его разновидностями. Ознакомление с устройством и принципом работы рентгеновского спектрометра ТРС-К. Измерение кривых дифракционного отражения кристаллов кремния.</p> <p style="text-align: right;">Авторы лаб. работы: П.А. Просеков, Я.А. Элиович Ответственный: доц. С.Ю.Стремоухов. sustrem@gmail.com</p>

**7. Практикум Н
Физики наносистем
(на базе ФНИЦ
"Кристаллография
и Фотоника" РАН).
Ответственный за
раздел Н:
доц. С.Ю.Стремоухов.**

Лабораторная работа №Н-4.

Применение метода малоуглового рентгеновского и нейтронного рассеяния для исследования моно- и полидисперсных наносистем.

Аннотация работы

Цель работы – Ознакомление с современными методами обработки данных малоуглового рассеяния от моно- и полидисперсных систем различной физической природы.

Малоугловое рассеяние (МУР) рентгеновских лучей и нейтронов является одним из наиболее эффективных методов изучения надатомной структуры вещества при разрешении 1–100 нм. Главным достоинством метода является его общность: МУР может быть использовано для исследования неупорядоченных объектов и, как правило, не требует специальной подготовки образцов. Изучаемые в практикуме задачи:

1. Монодисперсные разбавленные системы одинаковых наночастиц:
 - 1.1. Расчет автокорреляционной функции (функции распределения по расстояниям).
 - 1.2. Определение формы частиц по данным малоуглового рентгеновского и нейтронного рассеяния.
2. Полидисперсные системы частиц (кластеров):
расчет функций распределения по размерам.

Авторы лаб. работы: В.В. Волков, П.В. Конарев, Л.А. Дадинова
Ответственный: доц. С.Ю.Стремоухов.
sustrem@gmail.com

**7. Практикум Н
Физики наносистем
(на базе ФНИЦ
"Кристаллография
и Фотоника" РАН).
Ответственный за
раздел Н:
доц. С.Ю.Стремоухов.**

Лабораторная работа №Н-5.

Применение метода стоячих рентгеновских волн в области полного внешнего отражения для исследования планарных наноструктур.

Аннотация работы

Цель работы – Ознакомление с устройством и принципами работы многофункционального рентгеновского дифрактометра SmartLab (производства фирмы Rigaku), ознакомление с методом стоячих рентгеновских волн в области полного внешнего отражения.

При выполнении задачи планируется проведение исследования тонкопленочной слоистой структуры методом стоячих рентгеновских волн (СРВ) в области полного внешнего отражения (ПВО). Данный метод дает спектрально-селективную структурную информацию о поверхности и приповерхностных слоях, и позволяет определять местоположение атомов различных химических элементов в направлении нормали к границе раздела сред с нанометровой точностью. Метод СРВ сочетает в себе регистрацию угловых зависимостей рентгеновского отражения и выхода вторичного излучения в условиях формирования сложного нелинейного распределения волнового поля, в частности, в области ПВО.

Авторы лаб. работы: А.Ю. Серегин
Ответственный: доц. С.Ю. Стремоухов.
sustrem@gmail.com

**7. Практикум Н
Физики наносистем
(на базе ФНИЦ
"Кристаллография
и Фотоника" РАН).
Ответственный за
раздел Н:
доц. С.Ю.Стремоухов.**

**Лабораторная работа №Н-6.
Измерение параметров шероховатости
сверхгладких поверхностей методом
рентгеновского рассеяния в области полного
внешнего отражения.**

Аннотация работы

Цель работы– Получение статистической информации о шероховатости сверхгладкой поверхности в виде функции спектральной плотности мощности и эффективной высоты шероховатости по результатам измерения рассеяния рентгеновского излучения в условиях скользящего падения.

В настоящее время для исследования нанорельефа поверхностей и границ раздела все большее внимание привлекает метод рассеяния рентгеновских лучей в условиях полного внешнего отражения (ПВО). Сущность метода состоит в том, чтобы измерить угловое распределение интенсивности рентгеновского излучения, рассеянного на поверхностных неоднородностях, а затем извлечь из экспериментальных данных информацию о статических параметрах шероховатостей. Метод позволяет получать достаточно полное статистическое описание параметров нанорельефа поверхностей различных аморфных и кристаллических материалов. Преимущества и уникальные возможности метода рентгеновского рассеяния по сравнению с другими подходами подробно обсуждаются в работе.

Авторы лаб. работы: Б.С. Роцин
Ответственный: доц.С.Ю. Стремоухов.
sustrem@gmail.com

**7. Практикум Н
Физики наносистем
(на базе ФНИЦ
"Кристаллография
и Фотоника" РАН).
Ответственный за
раздел Н:
доц. С.Ю.Стремоухов.**

**Лабораторная работа №Н-7.
Рентгеновская микротомография биологических
объектов.**

Аннотация работы

Цель работы–Изучение методики выполнения измерений пространственного распределения линейного коэффициента поглощения рентгеновского излучения методом рентгеновской компьютерной томографии с разрешением 10 мкм при поле зрения 10 – 20 мм.

Измерение пространственного распределения линейного коэффициента поглощения рентгеновского излучения основывается на регистрации и анализе теневых проекций объекта, полученных путем освещения объекта рентгеновскими лучами с различных направлений.

Метод получения трехмерных изображений состоит из трех этапов. На первом этапе формируются проекционные данные, на втором по проекционным данным происходит восстановление двухмерного изображения каждого слоя объекта, на третьем этапе все слои объединяются в трехмерную структуру.

Авторы лаб. работы: Д.А. Золотов
**Ответственный: доц.С.Ю.Стремоухов.
sustrem@gmail.com**

**7.Практикум Н
Физики наносистем
(на базе ФНИЦ
"Кристаллография
и Фотоника" РАН).
Ответственный за
раздел Н:
доц. С.Ю.Стремоухов.**

**Лабораторная работа №Н-8.
Рентгеновская микротомография биологических
объектов.**

Аннотация работы

Цель работы – Изучение основ метода просвечивающей электронной микроскопии высокого разрешения. Получение изображения в режиме микродифракции.

Электронная микроскопия, является мощным и относительно молодым методом исследования микроструктуры различных объектов. В течение десятилетий эта методика успешно развивалась, а предел разрешения таких приборов улучшили с 5 нм (Philips EM100, 1949 год) до 0,05 нм (FEI Titan 80-300). В лабораторной работе методом высокоразрешающей электронной микроскопии будет исследован образец монокристаллического кремния (Si) и получены изображения его кристаллической решетки. Методом электронной дифракции будет получена дифракционная картина от объекта исследования. С помощью рентгеновского энерго-дисперсионного микроанализа (EDX) будет установлен качественный состав исследуемого образца.

Авторы лаб. работы: Д.Н. Хмеленин, О.М. Жигалина

**Ответственный: доц. С.Ю.Стремоухов.
sustrem@gmail.com**

**7. Практикум Н
Физики наносистем
(на базе ФНИЦ
"Кристаллография
и Фотоника" РАН).
Ответственный за
раздел Н:
доц. С.Ю.Стремоухов.**

**Лабораторная работа №Н-9.
Электроннография в исследовании атомной
структуры наноматериалов.**

Аннотация работы

Цель работы– Ознакомление с методом электроннографического структурного анализа. Получение практических навыков по вычислению межплоскостных расстояний эталонных образцов методом дифракции электронов на электроннографе ЭМР-102.

Электроннографический структурный анализ нанообъектов (тонкие пленки и пленочные системы, нано- и микрокристаллы, нанопорошки) позволяет провести полное структурное определение, включая геометрию и параметры кристаллической решетки, координаты и тепловые параметры атомов, а также распределение электростатического потенциала, знание которого важно при исследовании связи атомной структуры с физическими свойствами наноматериалов.

Авторы лаб. работы: Г.Г. Лепешов, А.С. Авилов

Ответственный: доц. С.Ю.Стремоухов.

sustrem@gmail.com

**7. Практикум Н
Физики наносистем
(на базе ФНИЦ
"Кристаллография
и Фотоника" РАН).
Ответственный за
раздел Н:
доц. С.Ю.Стремоухов.**

**Лабораторная работа №Н-10.
Применение дифракции электронов для
исследования нанокompозитов. Геометрический
анализ электронно-дифракционных картин с
помощью программы JEMS.**

Аннотация работы

Цель работы—Ознакомление с методикой работы на электронографе, которое включает в себя знакомство с конструкцией прибора и принципами его работы, получение изображений картин дифракции в режиме «на просвет» и «на отражение», овладение способами регистрации дифракционных картин на пластины ImagePlate и освоение методики обработки и интерпретации дифракционных картин.

Сложность реальных объектов приводит к необходимости применения при структурных исследованиях комплекса различных взаимодополняющих методов. Метод дифракции электронов является одним из наиболее информативных для изучения упорядоченных нанокompозитов и сложных слоистых наносистем. Мы остановимся только на возможностях электронной дифракции в исследовании отдельных компонентов формируемой системы, таких как наночастицы различной кристаллической структуры, и нанокompозита в целом.

Авторы лаб. работы: А.С. Орехов, Н.А. Архарова, В.В. Клечковская
Ответственный: доц. С.Ю.Стремоухов.
sustrem@gmail.com

**7. Практикум Н
Физики наносистем
(на базе ФНИЦ
"Кристаллография
и Фотоника" РАН).
Ответственный за
раздел Н:
доц. С.Ю.Стремоухов.**

**Лабораторная работа №Н-11.
Получение пористых сферических микрочастиц
CaCO₃ и их исследование методом конфокальной
микроскопии.**

Аннотация работы

Цель работы—Проведение синтеза пористых сферических микрочастиц CaCO₃ и получения изображения частиц с адсорбированным флуоресцентным красителем методом конфокальной микроскопии.

Полиэлектролитные микрокапсулы благодаря их монодисперсности в широком диапазоне размеров, простоте регулирования проницаемости, легкости изменения и возможности широкого выбора материала оболочек стали перспективным технологическим объектом. Существует огромный потенциал для их применения в фармацевтической промышленности для создания лекарств пролонгированного действия с пониженным токсическим эффектом. Сферические микрочастицы из карбоната кальция – одни из наилучших объектов для использования в качестве ядер для формирования таких капсул. Варьируя условия получения CaCO₃-ядер можно легко управлять их характеристиками.

Авторы лаб. работы: Т.В. Букреева, И.В. Марченко
Ответственный: доц. С.Ю.Стремоухов.
sustrem@gmail.com

**7. Практикум Н
Физики наносистем
(на базе ФНИЦ
"Кристаллография
и Фотоника" РАН).
Ответственный за
раздел Н:
доц. С.Ю.Стремоухов.**

**Лабораторная работа №Н-12.
Нанесение тонких органических пленок на
твердые подложки методами Ленгмюра-Блоджетт
и Ленгмюра-Шеффера.**

Аннотация работы

Цель работы—Ознакомление с методикой контролируемого получения тонких органических пленок на твердых функциональных подложках, которое включает в себя формирование ленгмюровского монослоя жирной кислоты на поверхности водной субфазы и его перенос методами Ленгмюра-Блоджетт и Ленгмюра-Шеффера на твердые подложки.

Ленгмюровская технология является одной из наиболее привлекательных для создания органических тонких пленок контролируемой структуры. Ленгмюровский монослой представляют из себя нерастворимый мономолекулярный слой амфифильных веществ на поверхности водной субфазы. Классическими примерами амфифильных соединений являются жирные кислоты и их соли. Полярные гидрофильные головки этих молекул легко встраиваются в локальную структуру водородных связей воды, а углеводородным гидрофобным хвостам энергетически невыгодно находиться в воде. Для формирования ленгмюровского монослоя на поверхность водной субфазы наносят раствор амфифильных молекул в легколетучем неполярном растворителе. Затем, уменьшая рабочую площадь водной субфазы при помощи подвижного барьера формируют конденсированный монослой. Для характеристики структуры монослоя строят изотерму сжатия - зависимость размера площади, приходящейся на одну молекулу, от поверхностного давления. Сформированный на поверхности водной субфазы, монослой можно перенести на твердую подложку вертикально погружая ее в воду и вынимая через монослой (метод Ленгмюра-Блоджетт, вертикальный «лифт») или горизонтально касаясь поверхности (метод Ленгмюра-Шеффера, горизонтальный «лифт»). Последовательный перенос монослоев позволяет получить многослойную наноразмерную пленку из мономолекулярных слоев.

Авторы лаб. работы: Ю.А. Дьякова,
М.А. Марченкова, К.Б. Ильина, А.С. Бойкова
Ответственный: доц. С.Ю. Стремоухов
sustrem@gmail.com

**7. Практикум Н
Физики наносистем
(на базе ФНИЦ
"Кристаллография
и Фотоника" РАН).
Ответственный за
раздел Н:
доц. С.Ю.Стремоухов.**

Лабораторная работа №Н-13.

Применение метода горизонтально-направленной кристаллизации для выращивания крупных тугоплавких монокристаллов лейкосапфира из расплавов.

Аннотация работы

Цель работы—Освоение метода получения крупных монокристаллов лейкосапфира высокого структурного совершенства различной кристаллографической ориентации.

Для получения крупных монокристаллов лейкосапфира высокого структурного совершенства применен метод горизонтальной направленной кристаллизации. Данный метод дает возможность выращивать монокристаллы в виде пластин больших геометрических размеров с заданной кристаллографической ориентацией, проводить обработку кристаллов без дополнительного отжига, а также позволяет вести процесс перекристаллизации возвратных отходов корунда образующихся после оптической обработки.

Авторы лаб. работы: В.А. Федоров, Е.В. Антонов
Ответственный доц. С.Ю.Стремоухов
sustrem@gmail.com

**7.Практикум Н
Физики наносистем
(на базе ФНИЦ
"Кристаллография
и Фотоника" РАН).
Ответственный за
раздел Н:
доц. С.Ю.Стремоухов.**

Лабораторная работа №Н-14. Кристаллизация белков.

Аннотация работы

Цель работы–На примере кристаллизации белка лизоцима методом диффузии паров растворителя в висячей капле, наглядно продемонстрировать основные этапы эксперимента, оборудование, реактивы используемые для кристаллизации белков, оформление и документирование полученных результатов.

Процесс кристаллизации белков до сих пор остается наименее предсказуемым и нередко является лимитирующей стадией для определения пространственной структуры того или иного белка. Процесс кристаллизации белка, тесно связан с процессами агрегации белков в организме, что приводит к развитию болезни Альцгеймера и родственных заболеваний, а например образование кристаллов белка кристаллина в хрусталике глаза приводит к развитию катаракты. Таким образом, изучение процесса кристаллизации и развитие новых экспериментальных подходов в области кристаллизации макромолекул является необходимым условием для решения, как фундаментальных (изучение зародышеобразования и роста кристаллов), так и прикладных (разработка новых лекарственных препаратов, диагностикумов) научных задач.

Авторы лаб. работы:Ю.А. Кислицын
Ответственный: доц. С.Ю. Стремоухов
sustrem@gmail.com

**7.Практикум Н
Физики наносистем
(на базе ФНИЦ
"Кристаллография
и Фотоника" РАН).
Ответственный за
раздел Н:
доц. С.Ю.Стремоухов.**

Лабораторная работа №Н-15. Основы белковой кристаллографии.

Аннотация работы.

Цель работы – ознакомление с методиками белковой кристаллографии. Задачей этой области кристаллографии является определение пространственной структуры биологических макромолекул – белков, нуклеиновых кислот и биологических ансамблей, построенных из этих молекул. Данные о пространственной структуре необходимы для изучения механизмов функционирования макромолекул и их ансамблей и широко используются для решения ряда практических задач (конструирования лекарств нового поколения, приготовления новых биокатализаторов с заданными свойствами, изучения механизмов развития заболеваний и т.д.). Для проведения рентгеноструктурного исследования необходимо приготовить монокристалл макромолекулы и, используя источник рентгеновского излучения и детектор, зарегистрировать дифракционную картину от полученного монокристалла. Дифракционная картина содержит информацию о строении кристалла. Для извлечения этой информации используется математический аппарат рядов Фурье. Для автоматизации вычислений используются специальные пакеты программ. По электронной плотности, рассчитанной с использованием специальных программных комплексов, строится трехмерная атомная модель молекулы. Анализ атомной модели с привлечением результатов биохимических исследований позволяет получить новые знания о строении макромолекулы и особенностях структуры ее функционально важных участков.

Авторы лаб. работы: В.И. Тимофеев
Ответственный: доц.С.Ю.Стремоухов.
sustrem@gmail.com

**7. Практикум Н
Физики наносистем
(на базе ФНИЦ
"Кристаллография
и Фотоника" РАН).
Ответственный за
раздел Н:
доц. С.Ю.Стремоухов.**

Лабораторная работа №Н-16. Белковая кристаллография – ключ к рациональному драг-дизайну.

Аннотация работы.

Цель работы – Ознакомление с теоретическими основами рентгеноструктурного анализа белков и их комплексов и классического молекулярного моделирования основанного на структуре биомакромолекул, а так же практическое ознакомление с некоторым программным обеспечением для обработки рентгенодифракционных наборов, решения и уточнения структур, молекулярного докинга и динамики.

Разработка лекарственных препаратов в настоящее время, сложный, многостадийный процесс, сопровождающийся значительными временными и финансовыми затратами. Пригодность биологически активного соединения для лечения определяется первой стадией его разработки – поиском молекул - кандидатов на дальнейшие тесты. Стандартный, проверенный временем подход состоит в химическом скрининге библиотеки соединений на клеточных культурах или отдельных биомакромолекулах, нарушение в которых приводят к развитию той или иной болезни. В последнее время в связи с развитием вычислительной техники, появилась возможность поиска формул биологически активных соединений не прибегая к химическому скринингу, используя методы рационального дизайна *in silico* (виртуальный скрининг, молекулярный докинг, молекулярная динамика и т.д.). Эти методы чаще всего требуют знания пространственной структуры белка-мишени действия проектируемого препарата, как в нелигандированном состоянии, так и в комплексе с лигандами. Единственным прямым методом определения атомной пространственной структуры для биомакромолекул с молекулярной массой свыше 20 кДа является метод монокристаллогорентгеноструктурного анализа.

Авторы лаб. работы: А.А. Лашков,
В.В. Балаев, И.И. Прокофьев, А.М. Михайлов
Ответственный: доц. С.Ю.Стремоухов.
sustrem@gmail.com

**7. Практикум Н
Физики наносистем
(на базе ФНИЦ
"Кристаллография
и Фотоника" РАН).
Ответственный за
раздел Н:
доц. С.Ю.Стремоухов.**

Лабораторная работа №Н-17.

Применение спектрофотометрии для определения концентрации ионов Cr^{3+} в кристаллах рубина.

Аннотация работы.

Цель работы–

Ознакомление с возможностями спектрофотометрического метода, определения содержания примесных (активаторных) ионов в кристаллах на примере ионов Cr^{3+} в кристаллах рубина ($\text{Al}_2\text{O}_3:\text{Cr}^{3+}$) с использованием спектрофотометра Cary 5000 (Varian).

Спектрофотометрический метод определения концентрации активаторных (примесных) ионов в кристаллах широко используется при исследовании физических свойств кристаллов, при разработке и совершенствовании технологии их выращивания. Спектрофотометрические методы применяются для определения наличия и концентрации примесей элементов группы железа, редкоземельных элементов, а также парамагнитных дефектов типа центров окраски (ЦО) в различных кристаллах. В основе методов лежит известный закон Бугера-Ламберта-Бера, определяющий ослабление параллельного монохроматического пучка света при распространении его в поглощающей среде. Для определения концентрации активаторов (примесей) производится регистрация спектров поглощения исследуемых образцов в УФ, видимой или ИК областях, с последующей обработкой результатов. Для регистрации спектров, как правило, используются прозрачные, практически не рассеивающие свет образцы кристаллов специальной кристаллографической ориентации.

Авторы лаб. работы: Б.В. Набатов, В.А. Федоров
Ответственный: доц. С.Ю.Стремоухов.
sustrem@gmail.com

**7. Практикум Н
Физики наносистем
(на базе ФНИЦ
"Кристаллография
и Фотоника" РАН).
Ответственный за
раздел Н:
доц. С.Ю.Стремоухов.**

Лабораторная работа №Н-18.

Применение атомно-силовой микроскопии для исследования корреляции нанорельефа подложек и пленочных покрытий.

Аннотация работы.

Цель работы—Определить область линейных размеров, в которой пленка повторяет рельеф подложки, при помощи анализа функций спектральной плотности мощности, рассчитанной по данным атомно-силовой микроскопии.

Для широкого круга задач оптики и электроники требуются зеркала с многослойными интерференционными покрытиями. Одним из критичных параметров, негативно сказывающихся на работе зеркальных элементов и соответственно устройств на их основе, является рассеяние падающего пучка, которое происходит на шероховатостях границ раздела фаз каждого из слоев зеркального покрытия. Таким образом, одним из важнейших вопросов является влияние рельефа подложки на особенности формирования наносимой пленки.

Для решения вопроса корреляции рельефов подложки и наносимого на нее пленочного покрытия на наноразмерном уровне наиболее подходящим является метод атомно-силовой микроскопии, т.к. он позволяет непосредственно получать двумерный рельеф поверхности в диапазоне от сотни микрон до единиц нанометров. В настоящей работе для решения задачи исследования корреляции нанорельефа подложки и многослойного пленочного покрытия применяется подход расчета функции спектральной плотности мощности (powerspectraldensity - PSD) по данным атомно-силовой микроскопии. Такой подход дает возможность определить область линейных размеров, до которых наносимая пленка повторяет рельеф подложки.

Авторы лаб. работы: А.Э. Муслимов,

А.М. Ополченцев, И.С. Волчков

Ответственный: доц. С.Ю.Стремоухов.

sustrem@gmail.com

**7.Практикум Н
Физики наносистем
(на базе ФНИЦ
"Кристаллография
и Фотоника" РАН).
Ответственный за
раздел Н:
доц. С.Ю.Стремоухов.**

**Лабораторная работа №Н-19.
Аналитическая электронная микроскопия.
Определение химического состава образцов
методом рентгеновского энергодисперсионного
микроанализа на базе растрового электронного
микроскопа.**

Аннотация работы.

Цель работы–

Ознакомление с принципа работы растрового электронного микроскопа Quanta 200 3D (РЭМ) и приставки рентгеновского микроанализа EDAX Genesys. Количественный и качественный анализ химического состава образца. Получение карт распределения элементов на поверхности образца.

Рентгеновский энергодисперсионный анализ - широко распространенный метод получения данных об элементном составе поверхности образцов. В основном применяются для плоских, протяженных объемных объектов, возможно, также его применение для порошков и тонких пленок, но с некоторыми оговорками, особенно при количественных расчетах.

Авторы лаб.работы: : В.В. Артемов, О.Ю. Рогов

**Ответственный: доц. С.Ю.Стремоухов.
sustrem@gmail.com**

**7.Практикум Н
Физики наносистем
(на базе ФНИЦ
"Кристаллография
и Фотоника" РАН).
Ответственный за
раздел Н:
доц. С.Ю.Стремоухов.**

Лабораторная работа №Н-20. Применение метода молекулярно-лучевой эпитаксии для получения полупроводниковых пленок на поверхности лейкосапфира.

Аннотация работы.

Цель работы–

Ознакомление с установкой молекулярно-лучевой эпитаксии, методикой проведения эксперимента, изучение кинетики роста полупроводниковых пленок на наноструктурированной подложке.

Молекулярно-лучевая эпитаксия (МЛЭ) - широко распространённый метод в ряду технологических процессов при получении приборов в современной микроэлектронике и оптоэлектронике. Интерес к этой методике связан с возможностями получения наноструктур с заданными оптоэлектрическими свойствами и электрофизическими параметрами, а так же с ее большим потенциалом при исследовании процессов роста кристаллов на атомном уровне. На данный момент молекулярно-лучевая эпитаксия является одним из самых перспективных методов в нанотехнологическом приборостроении.

В процессах МЛЭ важнейшую роль играют параметры кинетики поверхностных реакций (таких как адсорбция и диффузия). Знание скоростей десорбции и диффузии по поверхности позволяет точнее выбирать условия выращивания наноструктур с заданными свойствами.

Авторы лаб.работы: В.Б. Кварталов, В.И. Михайлов

**Ответственный: доц. С.Ю.Стремоухов.
sustrem@gmail.com**

**7.Практикум Н
Физики наносистем
(на базе ФНИЦ
"Кристаллография
и Фотоника" РАН).
Ответственный за
раздел Н:
доц. С.Ю.Стремоухов.**

**Лабораторная работа №Н-21.
Введение в мёссбауэровскую спектроскопию.
Исследование структурных, электронных и
спиновых состояний ионов железа методом
эффекта Мёссбауэра.**

Аннотация работы.

Цель работы–

Ознакомление с теоретическими и экспериментальными основами ядерной гамма-резонансной (мёссбауэровской) спектроскопии, а также с современными методами анализа и компьютерной обработки экспериментальных результатов мёссбауэровских измерений на примере мёссбауэровских спектров поглощения на ядрах ^{57}Fe .

Открытый Р. Мёссбауэром в 1957 году эффект резонансного испускания и поглощения γ -квантов дал экспериментаторам новый, очень тонкий неразрушающий метод исследования структурного и химического состояния твердого тела – гамма-резонансную (мёссбауэровскую) спектроскопию. Этот метод в настоящее время широко применяется для изучения сплавов; неорганических и органических соединений, обладающих как кристаллической, так и некристаллической структурой; а также биологических и наноразмерных объектов. Параметры сверхтонких взаимодействий, получаемые из мёссбауэровских спектров, несут информацию о структурных, электронных и спиновых состояниях резонансного элемента, о характере химической связи и магнитных свойствах исследуемого соединения. Метод позволяет проводить количественный фазовый анализ вещества, изучать динамику фазовых переходов и изменение сверхтонких параметров в широком диапазоне температур и давлений, при воздействии внешних электрических и магнитных полей.

Авторы лаб.работы:Фролов К.В. Давыдова Ю.А.

**Ответственный: доц. С.Ю.Стремоухов.
sustrem@gmail.com**