



Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт автоматизации и электротехники Сибирского отделения Российской академии наук
(ИАиЭ СО РАН)

УТВЕРЖДЕНА

приказом директора ИАиЭ СО РАН
от 23.05.2024 № 241

Рабочая программа раздела
«СОВРЕМЕННЫЕ МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ФИЗИКИ»
дисциплины **«ОПТИКА»**

Научная специальность: 1.3.6. Оптика
Форма обучения: очная

№	Вид деятельности	Семестр
		3
1	Лекции, час.	22
2	Практические занятия (семинары), час.	22
3	Самостоятельная работа, час.	100
4	Всего зачетных единиц	4

Форма аттестации – дифференцированный зачет

Новосибирск – 2024

1. Аннотация к рабочей программе дисциплины

Целью подготовки по дисциплине «Оптика», раздел «Современные математические методы физики» программы аспирантуры по научной специальности 1.3.6 Оптика, является обучение аспирантов математическим методам, применяемым в физике. В курсе излагается материал, знание которого полезно как для теоретиков и вычислителей, так и для экспериментаторов. В процессе освоения дисциплины аспиранты знакомятся с асимптотиками, методами решения нелинейных уравнений, основами тех разделов теории вероятностей и математической статистики, которые нужны непосредственно для обработки экспериментальных данных, симметриями и операторными методами квантовой физики.

Задачи раздела дисциплины:

- углубленное изучение теоретических вопросов математической физики;
- развитие практических навыков решения задач в области волоконной оптики и лазерной физики, применения оптических методов в системах анализа вещества, передачи и обработки информации, в технологических и измерительных оптических системах;
- формирование у аспирантов представления о современных фундаментальных и прикладных проблемах волоконной оптики, лазерной физики, проблемах приложения оптических методов исследования в науке, технике и биомедицине;
- формирование у аспирантов представления о теоретических основах нелинейного взаимодействия оптического излучения с веществом световода (кварцевым стеклом), включая вопросы когерентности лазерного излучения, а также об экспериментальных методах наблюдения нелинейных эффектов в волоконной оптике и их проявлений в лазерных системах измерения, обработки и передачи информации по оптоволокну;
- ознакомление аспирантов с современной литературой по оптике и нанофотонике, в частности, с математическими методами, применяемыми в расчете оптических и лазерных систем и интерпретации экспериментов.

Преподавание раздела дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: лекции, практические занятия (семинары), самостоятельная работа.

Общая трудоемкость составляет 4 зачетных единицы, (144 часа).

2. Место дисциплины в образовательной программе

Рабочая программа раздела «Современные математические методы физики» программы аспирантуры по научной специальности 1.3.6 Оптика относятся к образовательному компоненту и направлена на подготовку к сдаче кандидатского экзамена, является обязательной для освоения обучающимися в 3 семестре (второй год обучения в аспирантуре). Раздел «Современные математические методы физики» является базовым для выполнения научно-исследовательской деятельности и подготовки диссертации на соискание ученой степени кандидата наук.

3. Образовательные технологии

Технология процесса обучения аспирантов включает в себя следующие образовательные мероприятия:

- аудиторные занятия (лекции);
- практические занятия (семинары);
- самостоятельная работа аспирантов.

В процессе изучения дисциплины, как лектором, так и обучающимися используется метод проблемного изложения материала, самостоятельное чтение аспирантами учебной, учебно-методической и справочной литературы, анализ информационных ресурсов в научных библиотеках и сети Internet по актуальным проблемам и последующие свободные дискуссии по освоенному ими материалу.

Аудиторные занятия проводятся с использованием информационно-телекоммуникационных технологий: учебный материал представлен также в виде мультимедийных презентаций. Презентации позволяют четко структурировать материал занятия.

Самостоятельная работа организована в соответствии с технологией проблемного обучения и предполагает следующие формы активности:

- поиск научной информации в открытых источниках с целью ее анализа и выявления ключевых особенностей исследуемых явлений;
- самостоятельная проработка учебно-проблемных задач, выполняемая с привлечением основной и дополнительной литературы;
- решение проблемных задач стимулируют познавательную деятельность и научно-исследовательскую активность аспирантов.

4. Требования к результатам освоения дисциплины

В результате изучения раздела «Современные математические методы физики» программы аспирантуры по научной специальности 1.3.6 Оптика и в соответствии с программой кандидатского экзамена аспирант должен:

знать:

- асимптотические методы решения дифференциальных уравнений и вычисления интегралов с большим параметром;
- постановку и простейшие решения прямой и обратной задачи рассеяния света веществом;
- свойства солитонов, самофокусировку, теорему Таланова и другие свойства решений нелинейных уравнений;
- операторные методы и использование симметрии задачи;
- свойства группы Лоренца.

уметь

- получать приближенные аналитические решения в предельных случаях;
- решать одномерную обратную задачу рассеяния в прозрачной среде;
- выводить расчетные формулы для обработки данных методом максимального правдоподобия;
- находить точные решения волнового уравнения в системе с высокой симметрией.

владеть:

- техникой сращивания асимптотических разложений;
- методами подгонки экспериментальных точек теоретической формулой с оценкой погрешности параметров;
- теорией солитонов, интегралов по путям, операторными и симметричными методами.

5. Структура и содержание раздела учебной дисциплины

Раздел, тема занятия		Виды аудиторных занятий (час.)		
		Лекции	Семинары	Итого
Семестр 3		22	22	44
1.	<i>Метод погранслоя. Пограничный слой. Переходный слой. Слой внутри области.</i>	2		2
2.	<i>Явления Стокса. Квазиклассическое приближение. Простая точка поворота. Две простые точки поворота.</i>	2	2	4
3.	<i>Слияние особенностей. Равномерное разложение. Стационарная точка вблизи границы. Две близкие стационарные точки</i>		2	2
4.	<i>Задача рассеяния. Оператор Шредингера. Функции Йоста. Аналитические свойства. Треугольное представление.</i>	2		2
5.	<i>Обратная задача рассеяния. Задача Гурса. Уравнение Гельфанда-Левитана-Марченко. Примеры.</i>		4	4
6.	<i>Метод обратной задачи рассеяния. Изоспектральное преобразование. LA-пара для КдВ. Уравнения ГГКМ. Метод обратной задачи рассеяния (МОЗР)</i>	2		2
7.	<i>Солитоны. Линейный потенциал Баргмана. Квадратичный потенциал Баргмана. Двухсолитонный пример</i>		4	4
8.	<i>Коллапс. Интегралы движения. Гамильтонов формализм. Уравнение для размера пучка. Теорема Таланова</i>	2	2	4
9.	<i>Закон Больших чисел. Производящая функция. Центральная предельная теорема.</i>	2		2
10.	<i>Подгонка экспериментальных данных теоретической кривой. Принцип максимального правдоподобия. Погрешности подгоночных параметров. Обработка данных с ошибками по обеим осям.</i>	2		2
11.	<i>Тензор Грина для уравнений Максвелла. Уравнение Дайсона. Первое борновское приближение.</i>		2	2
12.	<i>Интеграл по путям. Хронологический оператор. Фейнмановский интеграл. Классическая траектория.</i>	2		2

13.	<i>Диаграммы Кэли. Граф циклической группы. Группы с треугольника и тетраэдра. Инвариантная подгруппа. Группа кватернионов.</i>		2	2
14.	<i>Операторный метод построения спектра. Суперзаряды. Реализация. Уравнение Шредингера.</i>	2		2
15.	<i>Симметрия дифференциальных уравнений. Обыкновенные дифференциальные уравнения. Уравнения в частных производных. Общая схема.</i>		4	4
16.	<i>Группа Лоренца. Симметрия оператора второго порядка. Группа Лоренца. Представления</i>	2		2
17.	<i>Конструирование инвариантных уравнений. Инвариантная система уравнений. Минимизация числа компонент. Матрицы Дирака.</i>	2		2

Вопросы для самостоятельного изучения:

1. Квазиклассические уровни в двойной потенциальной яме
2. Потенциал Баргмана для солитонных решений нелинейного уравнения Шредингера.
3. Итерационный метод численной подгонки теоретической кривой
4. Двумерный тензор Грина для задач фотоники и метод точечных диполей.
5. Вывод уравнений Максвелла из соображений симметрии.

6. Литература

Основная литература

1. Учебное пособие по курсу: Шапиро Д.А. Современные математические методы физики (учебное пособие). Новосибирск: НГУ, 2014, 115 с. [1] А. Найфэ, Методы возмущений (Мир, Москва, 1976).
2. Д. Лэмб, Теория солитонов (БИБФИЗМАТ, Москва, 1997).
3. Д. Худсон, Статистика для физиков (Мир, Москва, 1970).
4. Л. Новотный, Х. Б., Основы нанооптики (ФИЗМАТЛИТ, Москва, 2009).
5. Р. Фейнман, А. Хибс, Квантовая механика и интегралы по траекториям (Мир, Москва, 1968).
6. Л. Э. Генденштейн, И. В. Криве, “Суперсимметрия в квантовой механике,” Усп. физ. наук 146, 553–590 (1985).

7. А. Д. Полянин, Справочник по линейным уравнениям математической физики (Физматлит, Москва, 2001).

8. Д. Эллиот, П. Добер, Симметрия в физике, в 2-х т. (Мир, Москва, 1983).

Дополнительная литература

1. Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц, Квантовая механика, Изд. 4е (Наука, Москва, 1989).

2. Д. Коул, Методы возмущений в прикладной математике (Мир, Москва, 1972).

3. М. В. Федорюк, Асимптотические методы для обыкновенных дифференциальных уравнений (Наука, Москва, 1983).

4. М. В. Федорюк, Асимптотика. Интегралы и ряды, СМБ (Наука, Москва, 1987).

5. М. Абрамовиц, И. Стиган, Справочник по специальным функциям (Наука, Москва, 1979).

6. И. В. Колоколов, Е. А. Кузнецов, А. И. Мильштейн, Е. В. Подивилов, А. И. Черных, Д. А. Шапиро, Е. Г. Шапиро, Задачи по математическим методам физики. Изд. 3е. (URSS, Москва, 2007).

7. В. Е. Захаров, С. В. Манаков, С. П. Новиков, Л. П. Питаевский, Теория солитонов: метод обратной задачи рассеяния (Наука, Москва, 1980).

8. Д. Уизем, Линейные и нелинейные волны (Мир, Москва, 1977).

9. Р. Фейнман, Статистическая механика (Мир, Москва, 1975).

10. И. Гроссман, В. Магнус, Группы и графы (Мир, Москва, 1971).

11. А. А. Кириллов, Элементы теории представлений (Наука, Москва, 1978).

12. М. И. Петрашень, Е. А. Трифонов, Применения теории групп в квантовой механике (Наука, Москва, 1967). [Изд. второе.- М. УРСС, 1999, 278 с.].

13. И. М. Гельфанд, Р. А. Минлос, З. Я. Шапиро, Представления группы вращений и группы Лоренца, их применения (Физматгиз, Москва, 1958).

14. Д. П. Желобенко, А. И. Штерн, Представления групп Ли (Наука, Москва, 1983).

15. В. Б. Берестецкий, Е. М. Лифшиц, Л. П. Питаевский, Квантовая электродинамика (Наука, Москва, 1980).

7. Электронные энциклопедические издания свободного доступа

1. Электронный справочник по «Оптике когерентного излучения»
<http://optics.sinp.msu.ru/co/toc.html>
2. Ресурсы Энциклопедия фотоники: <https://www.rp-photonics.com/encyclopedia.html>