

Федеральное агентство научных организаций
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт автоматики и
электрометрии Сибирского отделения Российской академии наук (ИАиЭ СО РАН)



УТВЕРЖДАЮ
Директор ИАиЭ СО РАН
академик А.М. Шалагин

«16» сентября 2014 г.

Рабочая программа дисциплины

«СОВРЕМЕННЫЕ МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ФИЗИКИ» (модуль оптические и
оптико-электронные приборы и комплексы)

Основная профессиональная образовательная программа высшего образования
Программа подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре по направлению
подготовки кадров высшей квалификации

12.06.01 «Фотоника, приборостроение, оптические и биотехнические
системы и технологии»

направленность **«Оптические и оптико-электронные приборы и комплексы»**

Форма обучения - очная

Новосибирск 2014 г.

Аннотация

В стандартных курсах математической физики изучаются разделы, разработанные 150 и более лет назад. Данный факультативный спецкурс поможет познакомиться с некоторыми более современными главами, методами, открытыми примерно 50–70 лет назад. Курс состоит из четырех разделов: первый знакомит с полезными асимптотическими методами, второй с солитонами и другими точными решениями нелинейных уравнений в частных производных, третий с методами обработки экспериментальных данных, а четвертый - с простейшими операторными и групповыми методами. Все разделы сопровождаются примерами из механики, оптики, статистической и квантовой физики. Отбор материала отражает не только научные интересы автора. Из разнообразных математических методов отбирались сравнительно простые, но полезные в нескольких разделах физики. Лекции предназначены только для первого предварительного знакомства с методами. Предполагается, что студенты уже знакомы со стандартными университетскими курсами математики и математической физики. Отдельные лекции, вошедшие в спецкурс, читались на физическом факультете Новосибирского государственного университета в 1996–2014 годах. Лекции предназначены для аспирантов физических специальностей. Курс рассчитан на один семестр. Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: лекции, задачи для самостоятельного решения, консультации, экзамен в конце семестра. Планируется читать адаптивный курс. Объем материала превосходит необходимый для семестрового курса. Из всей программы каждый раз будут отбираться те разделы, которые больше всего отвечают потребностям конкретной группы аспирантов.

1 Цели и задачи освоения дисциплины

Цели:

Дисциплина «Современные математические методы физики» (индекс по учебному плану Б1.В.ОД.3) модуля «оптические и оптико-электронные приборы и комплексы» является дисциплиной по выбору подготовки аспирантов по направлению подготовки 12.06.01 Фотоника, приборостроение, оптические и биотехнические системы и технологии (уровень подготовки кадров высшей квалификации) направленность «оптические и оптико-электронные приборы и комплексы» имеет своей целью 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 студенты знакомятся с асимптотическими 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:

1. Углубленное изучение теоретических вопросов волоконной оптики в соответствии с требованиями ФГОС ВО (уровень подготовки кадров высшей квалификации) по направлению подготовки «Фотоника, приборостроение, оптические и биотехнические системы и технологии».

2. 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.

3. Формирование у аспирантов представления о современных фундаментальных и прикладных проблемах оптики, лазерной физики, проблемах приложения оптических методов исследования в науке, технике и биомедицине.

4. Формирование у аспирантов представления о теоретических основах нелинейного взаимодействия оптического излучения с веществом, включая вопросы когерентности лазерного излучения, а также о теоретических методах расчета нелинейных эффектов в оптике и их проявлений в лазерных системах измерения, обработки и передачи информации.

2 Место дисциплины в структуре основной профессиональной образовательной программы послевузовского профессионального образования (аспирантура)

Дисциплина «Современные математические методы физики» (модуль «оптические и оптико-электронные приборы и комплексы») является обязательной, входит в состав Блока 1 «Дисциплины (модули)» и относится к части по выбору ООП по направлению подготовки 12.06.01 «Фотоника, приборостроение, оптические и биотехнические системы и технологии», направленность «оптические и оптико-электронные приборы и комплексы». Индекс дисциплины - Б1.В.ДВ.2. «Продвинутый курс квантовой оптики» (модуль оптические и оптико-электронные приборы и комплексы) изучается на первом курсе аспирантуры и является следующей ступенью в изучении квантовой оптики после магистерских курсов «Основы квантовой оптики» и «Современные проблемы квантовой оптики».

3 Требования к уровню подготовки аспиранта, завершившего изучение данной дисциплины

Процесс изучения дисциплины «Современные математические методы физики» направлен на формирование следующих компетенций:

Код компет енции	Формулировка компетенции из ФГОС	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)
------------------	----------------------------------	---

ОПК-1	способностью идентифицировать новые области исследований, новые проблемы в сфере профессиональной деятельности с использованием анализа данных мировых информационных ресурсов, формулировать цели и задачи научных исследований.	четко и уверенно излагать содержание выполненных исследований, аргументировано отвечать на вопросы и вести научную дискуссию уметь использовать современные приборы и технологии для проведения исследований и обработки полученных результатов
ОПК-2	способностью предлагать пути решения, выбирать методику и средства проведения научных исследований.	Знать основные методы и средства исследований. Уметь выбирать методику исследований для решения конкретной задачи.
ПК-1	Способность к созданию новых методов для физических исследований с использованием оптического излучения, высокоточных измерений, средств передачи и обработки информации.	Уметь: <ul style="list-style-type: none"> • 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
ПК-2	способность разрабатывать теоретические модели и выполнять численное моделирование оптических процессов в классических и квантовых системах.	Владеть: <ul style="list-style-type: none"> - методами подгонки экспериментальных точек теоретической формулой с оценкой погрешности параметров - теорией солитонов, интегралов по путям, операторными и симметричными методами, - техникой сращивания асимптотических разложений

4 Объем дисциплины, содержание и структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет **1** зачетных единицы, **36 часов**.

Тема	Лекции, (ч)	Самостоят. работа, (ч)	Формы контроля
Год обучения 2			
Введение в предмет. Цели и задачи курса, его общая структура. Метод погранслоя. Пограничный слой. Переходный слой. Слой внутри области.	4	5	
Явления Стокса. Квазиклассическое приближение. Простая точка поворота. Две простые точки поворота.	3	4	
Слияние особенностей. Равномерное разложение. Стационарная точка вблизи границы. Две близкие стационарные точки	4	5	
Задача рассеяния. Оператор Шредингера. Функции Йоста. Аналитические свойства. Треугольное представление.	3	4	
Обратная задача рассеяния. Задача Гурса. Уравнение Гельфанда-Левитана-Марченко. Примеры.	4	5	

Метод обратной задачи рассеяния. Изоспектральное преобразование. LA-пара для КдВ. Уравнения ГГКМ. Метод обратной задачи рассеяния (МОЗР)	3	4	
Солитоны. Линейный потенциал Баргмана. Квадратичный потенциал Баргмана. Двухсолитонный пример	4	5	
Коллапс. Интегралы движения. Гамильтонов формализм. Уравнение для размера пучка. Теорема Таланова	3	4	
Закон Больших чисел. Производящая функция. Центральная предельная теорема.	3	4	
Подгонка экспериментальных данных теоретической кривой. Принцип максимального правдоподобия. Погрешности подгоночных параметров. Обработка данных с ошибками по обеим осям.	4	5	
Тензор Грина для уравнений Максвелла. Уравнение Дайсона. Первое борновское приближение.	3	4	
Интеграл по путям. Хронологический оператор. Фейнмановский интеграл. Классическая траектория.	3	4	
Диаграммы Кэли. Граф циклической группы. Группы с треугольника и тетраэдра. Инвариантная подгруппа. Группа кватернионов.	4	5	
Операторный метод построения спектра. Суперзаряды. Реализация. Уравнение Шредингера.	3	4	
Симметрия дифференциальных уравнений. Обыкновенные дифференциальные уравнения. Уравнения в частных производных. Общая схема.	3	4	
Группа Лоренца. Симметрия оператора второго порядка. Группа Лоренца. Представления	3	4	
Конструирование инвариантных уравнений. Инвариантная система уравнений. Минимизация числа компонент. Матрицы Дирака.	4	10	

В учебном процессе используются активные и интерактивные формы занятий в сочетании с внеаудиторной работой. Удельный вес занятий, проводимых в интерактивных формах, составляет не менее 30% аудиторных занятий.

В рамках изучения данной дисциплины реализация компетентностного подхода предусматривает широкое использование в учебном процессе традиционных образовательных технологий, активных и интерактивных форм проведения занятий в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся.

В рамках изучения данной дисциплины используются: мультимедийные образовательные технологии: интерактивные лекции (презентации);

5 Самостоятельная работа аспирантов

Основной формой деятельности аспирантов по дисциплине является самостоятельная проработка конспектов лекций и вопросов, вынесенных на самостоятельное изучение, с помощью основной и дополнительной литературы с привлечением компьютерных средств, а также индивидуальные занятия с преподавателем, направленные на практические исследования по представленным темам. Компьютерные демонстрации формирования моды и распространения излучения в световоде, лабораторные демонстрации основных волоконно-оптических устройств, обязательное участие в заседаниях еженедельного семинара Учебно-научного центра «Квантовая оптика».

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 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Основная литература:

1. Ильин А.М., Данилин А.Р. Асимптотические методы в анализе. Физматлит, 2009
2. Будаков Б.М., Фомин С.В. Кратные интегралы и ряды Физматлит, 2002
3. Брычков Ю.А. Специальные функции. Производные, интегралы, ряды и другие формулы. Справочник. Физматлит, 2006.
4. Багдоев А.Г., Ерофеев В.И., Шекоян А.В. Линейные и нелинейные волны в диспергирующих сплошных средах. Физматлит 2009
5. Борисёнок С.В., Кондратьев А.С., Квантовая статистическая механика. Физматлит 2011
6. Наймарк М.А. Теория представлений групп. Физматлит, 2010
7. Вергелес С.Н. Лекции по квантовой электродинамике Физматлит, 2005

Дополнительная литература:

1. Д. Худсон, Статистика для физиков (Мир, Москва, 1970).
2. Л. Новотный, Х. Б., Основы нанооптики (ФИЗМАТЛИТ, Москва, 2009).
3. 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, т.2 (Мир, Москва, 1983).
9. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теоретическая физика Т.3. Квантовая механика (нерелятивистская теория) Физматлит, 2001
9. Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц, Квантовая электродинамика (Наука, Москва, 1989).
2. Д. Коул, Методы возмущений в прикладной математике (Мир, Москва, 1972).
2. Курош А.Г. Теория групп 3-е изд., 1967 г.
5. М. Абрамовиц, И. Стиган, Справочник по специальным функциям (Наука, Москва, 1979).
7. В. Е. Захаров, С. В. Манаков, С. П. Новиков, Л. П. Питаевский, Теория солитонов: метод обратной задачи рассеяния (Наука, Москва, 1980).
9. Р. Фейнман, Статистическая механика (Мир, Москва, 1975).
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).

Методическая литература:

1. Е.А. Кузнецов, Д.А. Шапиро. Методы математической физики. Ч.1 (Курс лекций). НГУ, Новосибирск, 2011, 115 стр.
2. Учебное пособие по курсу: Шапиро Д.А. Современные математические методы физики (учебное пособие). Новосибирск: НГУ, 2014, 115 с.
3. 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).

Научные статьи:

1. Л.Э. Генденштейн, И.В. Криве, Суперсимметрия в квантовой механике, Усп. физ. наук 146, 553--590 (1985).
2. А.Д. Полянин, Элементарная теория использования инвариантов для решения математических уравнений, Вестник Самарского государственного университета, 65, 152--176 (2008).
3. V.Bargmann, On the connection between phase shifts and scattering potential, Rev. Mod. Phys. 21, 488--493 (1949).
4. В.Беспалов, В.Галанов, О нитевидной структуре пучков света в нелинейных жидкостях, Письма в ЖЭТФ, 3, 471--476 (1966).
5. В.Е. Захаров, А.Б. Шабат, Точная теория двумерной самофокусировки и одномерной автомодуляции волн в нелинейных средах, ЖЭТФ, 61, 118--134 (1971).

6. J.Orear, Least squares when both variables have uncertainties, American Journal of Physics, 50, 912--916 (1982).

7. A.Bambini and P.R. Berman, Analytic solutions to the two-state problem for a class of coupling potentials, Phys. Rev. A ,23, 2496, (1981).

8. E.V. Podivilov, D.A. Shapiro, and D.A. Trubitsyn, Exactly solvable profiles of quasi-rectangular Bragg filter with dispersion compensation, JOpt A: Pure and Applied Optics, 8, 788--795 (2006).

7 Материально-техническое обеспечение дисциплины

Обучение аспирантов происходит в Учебном центре Института автоматки и электрометрии СО РАН, созданном совместно Новосибирским университетом. Учебный центр состоит из трех классов, в которых проходят лекционные занятия, а также классы доступны более 30 часов в неделю для самостоятельной подготовки аспирантов. Классы укомплектованы 20 компьютерами, оснащены оборудованием для проведения практических и лабораторных занятий (программирование микроконтроллеров, практикум по схмотехнике с использованием паяльного оборудования) и оборудован системой вентиляции. В классах имеется демонстрационное оборудование (мультимедиа- и оверхед-проекторы) и звуковая система для проведения видеоконференций.

8 Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

Формой текущего контроля работы аспирантов по дисциплине «Современные математические методы физики является индивидуальное» обсуждение с преподавателем задач для самостоятельного решения.

Промежуточная аттестация по дисциплине

Промежуточная аттестация не предусмотрена.