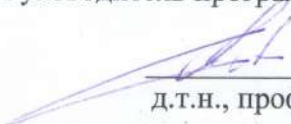


Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования

**«Пермский национальный исследовательский  
политехнический университет»**

**УТВЕРЖДАЮ**

Руководитель программы аспирантуры

  
В.П. Первадчук  
д.т.н., профессор кафедры ПМ

«17» «МАЯ» 2022 г.

**Рабочая программа дисциплины по программе аспирантуры**

**«Современные математические методы физики»**

<b>Научная специальность</b>	2.2.6. Оптические и оптико-электронные приборы и комплексы
<b>Направленность (профиль) программы аспирантуры</b>	Оптические и оптико-электронные приборы и комплексы
<b>Выпускающая(ие) кафедра(ы)</b>	Прикладная математика (ПМ) Общая физика (ОФ)
<b>Форма обучения</b>	Очная
<b>Курс: 2</b>	<b>Семестр (ы): 4</b>
<b>Виды контроля с указанием семестра:</b>	
Экзамен:	Зачет: 4
	Диф.зачет

Пермь 2022

## **1. Общие положения**

Рабочая программа дисциплины «Современные математические методы физики» разработана на основании следующих нормативных документов:

- Приказ Минобрнауки России от 20.10.2021 N 951 "Об утверждении федеральных государственных требований к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре), условиям их реализации, срокам освоения этих программ с учетом различных форм обучения, образовательных технологий и особенностей отдельных категорий аспирантов (адъюнктов)";
- Постановление Правительства РФ от 30.11.2021 N 2122 "Об утверждении Положения о подготовке научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре)";
- Самостоятельно устанавливаемые требования к реализуемым программам подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре Пермского национального исследовательского политехнического университета;
- Базовый план по программе аспирантуры;
- Паспорт научной специальности.

**1.1 Цель учебной дисциплины** – формирование комплекса знаний, умений и навыков в области современных математических методов физики. В процессе освоения дисциплины студенты 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.

### **1.2 Место учебной дисциплины в структуре образовательной программы**

Дисциплина «Современные математические методы физики» является вариативной дисциплиной образовательного компонента плана аспиранта.

Дисциплина используется при подготовке к сдаче зачета по специальности 2.2.6. – «Оптические и оптико-электронные приборы и комплексы».

## **2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы**

В результате изучения дисциплины аспирант должен демонстрировать следующие результаты:

### **Знать:**

- Основные современные математические методы физики.

### **Уметь:**

- выбирать методику исследований для решения конкретной задачи;
- 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:**

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

### 3. Структура учебной дисциплины по видам и формам учебной работы

Таблица 1

Объем и виды учебной работы

№ п.п.	Вид учебной работы	Трудоемкость, ч
		4 семестр
1	Аудиторная работа	21
	В том числе:	
	Лекции (Л)	
	Практические занятия (ПЗ)	16
2	Контроль самостоятельной работы (КСР)	5
	Самостоятельная работа (СР)	51
	Форма итогового контроля:	Зачет

### 4. Содержание учебной дисциплины

#### 4.1. Содержание разделов и тем учебной дисциплины

##### Раздел 1. «Основы математических методов физики»

(Л – 0, ПР - 16, СР – 51)

Тема 1. Метод пограничного слоя. Пограничный слой. Переходный слой. Слой внутри области. Явления Стокса. Квазиклассическое приближение.

Тема 2. Простая точка поворота. Две простые точки поворота. Слияние особенностей. Равномерное разложение. Стационарная точка вблизи границы. Две близкие стационарные точки.

Тема 3. Задача рассеяния. Оператор Шредингера. Функции Йоста. Аналитические свойства. Треугольное представление.

Тема 4. Обратная задача рассеяния. Задача Гурса. Уравнение Гельфанда-Левитана-Марченко. Примеры.

Тема 5. Метод обратной задачи рассеяния. Изоспектральное преобразование. ЛА-пара для КдВ. Уравнения ГГКМ. Метод обратной задачи рассеяния (МОЗР).

Тема 6. Солитоны. Линейный потенциал Баргмана. Квадратичный потенциал Баргмана. Двухсолитонный пример.

Тема 7. Закон Больших чисел. Производящая функция. Центральная предельная теорема.

Тема 8. Подгонка экспериментальных данных теоретической кривой. Принцип максимального правдоподобия. Погрешности подгоночных параметров. Обработка данных с ошибками по обеим осям.

#### 4.2. Перечень тем практических занятий

Таблица 2

Темы практических занятий (из пункта 4.1)

№ п.п.	Номер темы дисциплины	Наименование темы практического занятия	Наименование оценочного средства	Представление оценочного средства
1	1	Метод пограничного слоя. Пограничный слой. Переходный слой.	Собеседование. Творческое задание.	Вопросы по темам / разделам дисциплины. Темы творческих заданий.
2	2	Простая точка поворота. Две	Собеседование.	Вопросы по

		простые точки поворота.	Творческое задание.	темам / разделам дисциплины. Темы творческих заданий.
3	3	Задача рассеяния. Оператор Шредингера.	Собеседование. Творческое задание.	Вопросы по темам / разделам дисциплины. Темы творческих заданий.
4	4	Обратная задача рассеяния.	Собеседование. Творческое задание.	Вопросы по темам / разделам дисциплины. Темы творческих заданий.
5	5	Метод обратной задачи рассеяния. Изоспектральное преобразование.	Собеседование. Творческое задание.	Вопросы по темам / разделам дисциплины. Темы творческих заданий.
6	6	Солитоны. Линейный потенциал Баргмана.	Собеседование. Творческое задание.	Вопросы по темам / разделам дисциплины. Темы творческих заданий.
7	7	Закон Больших чисел. Производящая функция.	Собеседование. Творческое задание.	Вопросы по темам / разделам дисциплины. Темы творческих заданий.
8	8	Подгонка экспериментальных данных теоретической кривой. Принцип максимального правдоподобия.	Собеседование. Творческое задание.	Вопросы по темам / разделам дисциплины. Темы творческих заданий.

#### 4.3. Перечень тем для самостоятельной работы аспирантов

Самостоятельная работа аспирантов заключается в теоретическом изучении конкретных вопросов и выполнении творческих заданий.

Таблица 3

Темы самостоятельных заданий

№ п.п.	Номер темы дисциплины	Наименование темы самостоятельной работы	Наименование оценочного средства	Представление оценочного средства
1	1	Слой внутри области. Явления Стокса. Квазиклассическое приближение.	Собеседование	Вопросы по темам / разделам дисциплины
2	2	Слияние особенностей. Равномерное разложение. Стационарная точка вблизи границы. Две близкие стационарные точки.	Собеседование	Вопросы по темам / разделам дисциплины
3	3	Функции Йоста.	Собеседование	Вопросы по

		Аналитические свойства. Треугольное представление.		темам / разделам дисциплины
4	4	Задача Гурса. Уравнение Гельфанда-Левитана-Марченко. Примеры.	Собеседование	Вопросы по темам / разделам дисциплины
5	5	ЛА-пара для КдВ. Уравнения ГГКМ. Метод обратной задачи рассеяния (МОЗР).	Творческое задание	Темы творческих заданий
6	6	Квадратичный потенциал Баргмана. Двухсолитонный пример.	Собеседование	Вопросы по темам / разделам дисциплины
7	7	Центральная предельная теорема.	Собеседование	Вопросы по темам / разделам дисциплины
8	8	Погрешности подгоночных параметров. Обработка данных с ошибками по обеим осям.	Собеседование	Вопросы по темам / разделам дисциплины

### 5. Методические указания для аспирантов по изучению дисциплины

При изучении дисциплины «Современные математические методы физики» аспирантам целесообразно выполнять следующие рекомендации:

1. Изучение учебной дисциплины должно вестись систематически;
2. После изучения какого-либо раздела по учебнику или конспектным материалам рекомендуется по памяти воспроизвести основные термины, определения, понятия раздела;
3. Вся тематика вопросов, изучаемых самостоятельно, задается преподавателем. Им же даются источники (в первую очередь вновь изданные в периодической научной литературе) для более детального понимания вопросов, озвученных на лекции;

### 6. Перечень учебно-методического, библиотечно-справочного и информационного, информационно-справочного обеспечения для работы аспиранта по дисциплине

#### 6.1. Библиотечные фонды и библиотечно-справочные системы

№	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке+кафедре; местонахождение электронных изданий
1	2	3
<b>1 Основная литература</b>		
1	Ильин А. М., Данилин А. Р. Асимптотические методы в анализе. Москва : Физматлит, 2009. 248 с.	1
2	Будак Б. М., Фомин С. В. Кратные интегралы и ряды : учебник для вузов. 3-е изд. Москва : Физматлит, 2002. 511 с.	10
3	Козлов В. В., Фурта С. Д. Асимптотики решений сильно нелинейных систем дифференциальных уравнений. 2-е изд., испр. и доп. Москва Ижевск : Ин-т компьютер. исслед. : Регуляр. и хаот. динамика, 2009. 311 с.	1
4	Брычков Ю.А. Специальные функции. Производные, интегралы, ряды и другие формулы : справочник. М. : Физматлит, 2006. 508 с.	6

№	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке+кафедре; местонахождение электронных изданий
1	2	3
5	<i>Багдоев А. Г., Ерофеев В. И., Шекоян А. В. Линейные и нелинейные волны в диспергирующих сплошных средах. Москва : Физматлит, 2009. 318 с.</i>	2
6	<i>Наймарк М. А. Теория представлений групп. 2-е изд. Москва : Физматлит, 2010. 572 с. 36,0 усл. печ. л.</i>	1
<b>2 Дополнительная литература</b>		
<b>2.1 Учебно-методические, научные издания</b>		
1	<i>Пытьев Ю. П., Шишмарев И. А. Курс теории вероятностей и математической статистики для физиков : учебное пособие для вузов. Москва : Изд-во МГУ, 1983. 252 с.</i>	2
2	<i>Новотный Л., Хехт Б. Основы нанооптики : пер. с англ. Москва : Физматлит, 2009. 483 с. 39,32 усл. печ. л.</i>	1
3	<i>Полянин А. Д. Справочник по линейным уравнениям математической физики. Москва : Физматлит, 2001. 575 с.</i>	13
4	<i>Теоретическая физика. Квантовая механика. Нерелятивистская теория. 4-е изд., испр. М. : Наука, 1989. 767 с. 48 усл. печ. л.</i>	10
<b>2.2 Периодические издания</b>		
1	<i>Квантовая электроника : журнал / Российская академия наук; Физический институт им. П. Н. Лебедева ; Институт общей физики им. А.М. Прохорова; Московский государственный инженерно-физический институт (технический университет); Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова. Международный учебно-научный лазерный центр; Астрофизика; Научно-исследовательский институт лазерной физики; Российская академия наук. Сибирское отделение; Институт лазерной физики; Научно-исследовательский институт "Полюс" им. М. Ф. Стельмаха. - Москва: Физ. ин-т им. П. Н. Лебедева РАН, 1971 - .</i>	
2	<i>Оптика и спектроскопия : журнал / Российская академия наук. - Москва: Наука, 1956</i>	
3	<i>Оптический журнал : научно-технический журнал / Государственный оптический институт им. С. И. Вавилова; Санкт-Петербургский государственный университет информационных технологий, механики и оптики; Оптическое общество им. Д.С. Рождественского. - Санкт-Петербург: ГОИ им. С.И. Вавилова, 1931 - .</i>	
4	<i>Прикладная фотоника : журнал / Пермский национальный исследовательский университет. – Пермь: Издательство ПНИПУ, 2014</i>	
<b>2.3 Нормативно-технические издания</b>		
1	<i>не предусмотрены</i>	
<b>2.4 Официальные издания</b>		

№	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке+кафедре; местонахождение электронных изданий
1	2	3
1	не предусмотрены	

## 6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

### 6.2.1. Информационные и информационно-справочные системы

1. Электронная библиотека Пермского национального исследовательского политехнического университета [Электронный ресурс] : [полнотекстовая база данных электрон. док., издан. в Изд-ве ПНИПУ] / Перм. нац. исслед. политехн. ун-т, Науч. б-ка. – Пермь, 2016. – Режим доступа: <http://elib.pstu.ru>, свободный. – Загл. с экрана.

2. ProQuest Dissertations & Theses Global [Электронный ресурс] : [полнотекстовая база данных : дис. и дипломные работы на ин. яз. по всем отраслям знания] / ProQuest LLC. – Ann Arbor, 2016. – Режим доступа: <http://search.proquest.com/pqdtglobal/dissertations>, по IP-адресам компьютер. сети Перм. нац. исслед. политехн. ун-та. – Загл. с экрана.

3. Электронная библиотека диссертаций РГБ [Электронный ресурс] : [полнотекстовая база данных : электрон. версии дис. и автореф. дис. по всем отраслям знания] / [Электрон. б-ка дис.](#) – Москва, 2003-2016. – Режим доступа: <http://diss.rsl.ru>, компьютер. сеть Науч. б-ки Перм. нац. исслед. политехн. ун-та. – Загл. с экрана.

4. Электронная библиотека диссертаций РГБ [Электронный ресурс] : [полнотекстовая база данных : электрон. версии дис. и автореф. дис. по всем отраслям знания] / [Электрон. б-ка дис.](#) – Москва, 2003-2016. – Режим доступа: <http://diss.rsl.ru>, компьютер. сеть Науч. б-ки Перм. нац. исслед. политехн. ун-та. – Загл. с экрана.

5. Cambridge Journals [Electronic resource : полнотекстовая база данных : электрон. журн. по гуманит., естеств., и техн. наукам на англ. яз.] / University of Cambridge. – Cambridge : Cambridge University Press, 1770-2012. – Режим доступа: <http://journals.cambridge.org/>. – Загл. с экрана. 11.

### 6.2.2 Открытые интернет-ресурсы

1. Лазерный Портал - <http://laser-portal.ru/>
2. Энциклопедия физики и техники - <http://femto.com.ua/>
3. The Encyclopedia of Laser Physics and Technology – <https://www.rp-photonics.com/>

## 7. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

### 7.1. Основное учебное оборудование. Рабочее место аспиранта.

Таблица 4

№ п.п.	Наименование и марка оборудования (стенда, макета, плаката, лабораторное оборудование)	Кол-во, ед.	Форма приобретения / владения (собственность, оперативное управление, аренда и т.п.)	Номер аудитории
1	2	3	4	5

1	Компьютер в комплекте (системный блок Core i3, монитор Acer S236HL, клавиатура Logitech, мышь Logitech) 12 шт.	12	Собственность	№ 322 корп. А гл.
2	Мультимедиа-проектор Mitsubishi XD280U, XGA,3000ANSI.	1	Собственность	№ 322 корп. А гл.
3	Интерактивная доска SMARTBoard 680;	1	Собственность	№ 322 корп. А гл.

## 8. Фонд оценочных средств

Освоение учебного материала дисциплины запланировано в течении одного семестра. Формой контроля освоения результатов обучения по дисциплине является зачет, проводимый с учетом результатов текущего контроля.

### 8.1. Описание показателей и критериев оценивания, описание шкал оценивания.

Контроль качества освоения дисциплины включает в себя текущий контроль успеваемости и промежуточную аттестацию аспирантов

- **Текущий контроль**

Текущий контроль успеваемости обеспечивает оценку освоения дисциплин и проводится в форме собеседования и защиты отчета о творческом задании.

- **Собеседование**

Для оценки **знаний** аспирантов проводится собеседование в виде специальной беседы преподавателя с обучающимся на темы, связанные с изучаемой дисциплиной для выяснения объема знаний по определенному разделу, теме, проблеме.

Собеседование может выполняться в индивидуальном порядке или группой аспирантов.

- **Защита отчета о творческом задании**

Для оценки **умений и владений** аспирантов используется творческое задание, имеющее нестандартное решение и позволяющее интегрировать знания различных областей, аргументировать собственную точку зрения.

Творческие задания могут выполняться в индивидуальном порядке или группой аспирантов.

### **Промежуточная аттестация**

Допуск к промежуточной аттестации осуществляется по результатам текущего контроля. Промежуточная аттестация проводится в виде зачета по дисциплине, в устно-письменной форме по билетам. Билет содержит теоретические вопросы (ТВ) и практическое задание (ПЗ).

Билет формируется таким образом, чтобы в него попали вопросы и практические задания. Пример билета представлен в приложении 1.

- **Шкала оценивания результатов обучения при зачете:**

Оценка результатов обучения по дисциплине в форме уровня сформированности компонентов *знать, уметь, владеть* заявленных дисциплинарных компетенций проводится по шкале оценивания «зачтено», «незачтено» путем выборочного контроля во время зачета.

Типовые шкалы и критерии оценки результатов обучения при сдаче зачета для компонентов *знать, уметь и владеть* приведены в табл. 4.



Шкала оценивания результатов освоения на **зачете**

Оценка	Критерии оценивания
<i>Зачтено</i>	<p>Аспирант продемонстрировал сформированные или содержащие отдельные пробелы знания при ответе на теоретический вопрос билета. Показал сформированные или содержащие отдельные пробелы <b>знания</b> в рамках усвоенного учебного материала. Ответил на большинство дополнительных вопросов правильно.</p> <p>Аспирант выполнил контрольное задание билета правильно или с небольшими неточностями. Показал успешное или сопровождающееся отдельными ошибками применение <b>навыков</b> полученных знаний и <b>умений</b> при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. Ответил на большинство дополнительных вопросов правильно.</p>
<i>Незачтено</i>	<p>При ответе на теоретический вопрос билета аспирант продемонстрировал фрагментарные <b>знания</b> при ответе на теоретический вопрос билета. При ответах на дополнительные вопросы было допущено множество неправильных ответов.</p> <p>При выполнении контрольного задания билета аспирант продемонстрировал частично освоенное <b>умение</b> и <b>применение</b> полученных навыков при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. При ответах на дополнительные вопросы было допущено множество неточностей.</p>

### 9. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине

Задания для текущего контроля и проведения промежуточной аттестации должны быть направлены на оценивание:

1. уровня освоения теоретических понятий, научных основ профессиональной деятельности;
2. степени готовности аспиранта применять теоретические знания и профессионально значимую информацию и оценивание сформированности когнитивных умений.
3. приобретенных умений, профессионально значимых для профессиональной деятельности.

### 10. Типовые контрольные вопросы и задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов освоения дисциплины

Перечень контрольных вопросов и заданий для сдачи зачета по научной специальности 2.2.6. «Оптические и оптико-электронные приборы и комплексы» разработан с учетом научных достижений научно-исследовательской школы кафедры.

Типовые творческие задания:

1. Реферат на тему оптические задачи, решаемые методом пограничного слоя
2. Реферат на тему Линейный потенциал Баргмана
3. Реферат на тему оптические задачи с применением закона больших чисел, производящая функция

Типовые контрольные вопросы для оценивания знаний на **зачете** по дисциплине:

1. Метод пограничного слоя
2. Равномерное разложение
3. Обратная задача рассеяния
4. Закон Больших чисел. Производящая функция. Центральная предельная теорема

Типовые контрольные задания для оценивания приобретенных умений и владений на **зачете** по дисциплине:

1. Решение предложенной задачи методом стационарных точек
2. Решение предложенной задачи методом квадратичного потенциала Баргмана
3. Решение предложенной задачи методом квазиклассического приближения

Полный комплект вопросов и заданий для сдачи зачета в форме утвержденных билетов хранится на кафедре «ПМ».

**Программа**

Оптические и оптико-электронные приборы и комплексы

**Кафедра**

Прикладная математика

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
**ФГАОУ ВО «Пермский национальный**  
**исследовательский политехнический**  
**университет» (ПНИПУ)**

«Современные математические методы физики»

**БИЛЕТ № 1**

1. Метод пограничного слоя.
2. Решение уравнения Методом обратной задачи рассеяния:

$$\psi_t + 6\psi\psi_x + \psi_{xxx} = 0$$

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  
(подпись)

Первадчук В.П.

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 202 \_\_\_\_ г.

**Лист регистрации изменений**

<b>№ п.п.</b>	<b>Содержание изменения</b>	<b>Дата, номер протокола заседания кафедры. Подпись заведующего кафедрой</b>
1	2	3
1		
2		
3		
4		