

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова»

УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета ВМК МГУ  
имени М.В. Ломоносова



Е.И. Моисеев

«    » 2018 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

**«Консервативные разностные схемы для нелинейных уравнений Шредингера»**

Уровень высшего образования – подготовка научно-педагогических кадров в аспирантуре

Направления подготовки –, 09.06.01 «информатика и вычислительная техника»

Направленность (профиль) – «Математическое моделирование, численные методы, комплексы программ» (05.13.18)

2018 г.

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

### 1. НАИМЕНОВАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Консервативные разностные схемы для нелинейных уравнений Шредингера

### 2. УРОВЕНЬ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

Подготовка научно-педагогических кадров в аспирантуре.

### 3. НАПРАВЛЕНИЕ ПОДГОТОВКИ, НАПРАВЛЕННОСТЬ (ПРОФИЛЬ) ПОДГОТОВКИ

Направление 02.06.01 «компьютерные и информационные науки»,. Направленность (профиль) «Математическое моделирование, численные методы, комплексы программ»(05.13.18)

### 4. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОСНОВНОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина относится к специальным дисциплинам вариативной части образовательной программы.

### 5. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ

Дисциплина участвует в формировании следующих компетенций образовательной программы:

Формируемые компетенции	Планируемые результаты обучения
Способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях (УК-1)	У2 (УК-1) УМЕТЬ: при решении исследовательских и практических задач генерировать новые идеи, поддающиеся операционализации исходя из наличных ресурсов и ограничений

	<p><b>В2(УК-1) ВЛАДЕТЬ:</b>  навыками критического анализа и оценки современных научных достижений и результатов деятельности по решению исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях</p>
<p>Владением методологией теоретических и экспериментальных исследований в области профессиональной деятельности (ОПК-1)</p>	<p><b>31 (ОПК-1) ЗНАТЬ:</b>  современные математические методы, применяющиеся для решения задач в области естественных наук, экономики, социологии и информационно-коммуникационных технологий</p> <p><b>У1 (ОПК-1) УМЕТЬ:</b>  применять современные методы постановки и анализа задач в области математики и информатики</p> <p><b>В1 (ОПК-1) ВЛАДЕТЬ:</b>  навыками оптимального выбора современных методов и средств постановки и анализа задач в области математики и информатики</p>
<p>Владение современными методами построения и анализа математических моделей, возникающих при решении естественнонаучных задач, а также методами разработки и реализации алгоритмов их решения на основе фундаментальных знаний в области математики и информатики (ПК-1)</p>	<p><b>31 (ПК-1) ЗНАТЬ:</b>  Современные методы построения и анализа математических моделей, возникающих при решении естественнонаучных задач и основанных на дифференциальных уравнениях.</p> <p><b>У1 (ПК-1) УМЕТЬ:</b>  Применять современные методы построения и анализа математических моделей, возникающих при решении естественнонаучных задач и основанных на дифференциальных уравнениях.</p> <p><b>В1 (ПК-1) ВЛАДЕТЬ:</b>  навыками выбора современных методов построения и анализа математических моделей, возникающих при решении естественнонаучных задач и основанных на дифференциальных уравнениях.</p>

<p>Способность к реализации различных математических алгоритмов в виде программных комплексов, ориентированных на современную вычислительную технику (ПК-4)</p>	<p>З1 (ПК-4)ЗНАТЬ: современные методы реализации различных математических алгоритмов в виде программных комплексов, особенности современных вычислительных комплексов</p> <p>У1(ПК-4) УМЕТЬ: применять современные методы реализации различных математических алгоритмов в виде программных комплексов с учетом особенностей современных вычислительных комплексов</p> <p>В1 (ПК-4) ВЛАДЕТЬ: навыками оптимального выбора и создания новых современных методов реализации математических алгоритмов в виде программных комплексов, учитывающих особенности современных вычислительных комплексов</p>
---	--

Оценочные средства для промежуточной аттестации приведены в Приложении.

## 6. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Объем дисциплины составляет 3 зачетных единицы, всего 108 часов.

38 часов составляет контактная работа с преподавателем – 32 часа занятий лекционного типа, 0 часов занятий семинарского типа (семинары, научно-практические занятия, лабораторные работы и т.п.), 0 часов индивидуальных консультаций, 2 часа мероприятий текущего контроля успеваемости, 2 часа групповых консультаций, 2 часа мероприятий промежуточной аттестации.

72 часа составляет самостоятельная работа аспиранта.

## 7. ВХОДНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Учащиеся должны владеть знаниями по математическому анализу, линейной алгебре, дифференциальным уравнениям, численным методам в объеме, соответствующем основным образовательным программам бакалавриата и магистратуры по укрупненным группам направлений и специальностей 01.00.00 «Математика и механика», 02.00.00 «Компьютерные и информационные науки».

## 8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В процессе обучения используется программное обеспечение для подготовки слайдов лекций MS PowerPoint.

## 9. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

В курсе дается обзор задач, приводящих к необходимости решения нелинейного уравнения Шредингера. Обсуждаются подходы к построению аналитических точных или приближенных решений соответствующих нелинейных уравнений, рассматриваемых задач. Излагаются способы нахождения инвариантов соответствующих уравнений.

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля), форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	Всего (часы)	В том числе								
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы				Самостоятельная работа обучающегося, часы				
		из них				из них				
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Групповые консультации	Индивидуальные консультации	Учебные занятия, направленные на проведение текущего контроля успеваемости (коллоквиумы, практические контрольные занятия и др)*	<b>Всего</b>	Выполнение домашних заданий	Подготовка рефератов и т.п..	<b>Всего</b>

<p><b>Тема 1. Классификация задач, приводящих к нелинейному уравнению Шредингера.</b></p> <p>Обзор подходов к построению математических моделей распространения лазерного излучения.</p>	4	2	-	-	-	-	2	2	-	2
<p><b>Тема 2. Метод медленно изменяющихся амплитуд в задачах распространения лазерного излучения в линейной и нелинейной средах.</b></p> <p>Основные свойства приближения медленно изменяющихся амплитуд.</p>	12	6	-	-	-	-	6	6	-	6

<p><b>Тема 3.Обобщенное нелинейное уравнение Шредингера, описывающее распространение фемтосекундного лазерного импульса.</b></p> <p>Основные свойства этого уравнения и его преобразование к каноническому виду.</p>	9	4	-	-	-	1	5	4	-	4
--	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

<p><b>Тема 4.Нелинейное уравнение Шредингера, описывающее дисперсионные эффекты при распространении лазерных импульсов.</b>  <b>Нелинейные уравнения, описывающие нестационарный отклик среды и распространение лазерного импульса.</b>  Математические модели, описывающие дисперсионные эффекты при распространении лазерных импульсов. Вывод уравнений, описывающих нестационарный отклик среды, при распространении фемтосекундных импульсов.</p>	18	6	-	-	-	-	6	6	6	12
---	----	---	---	---	---	---	---	---	---	----

<p><b>Тема 5.</b>  <b>Консервативные разностные</b>  <b>схемы для одномерного</b>  <b>нелинейного уравнения</b>  <b>Шредингера. Итерационные</b>  <b>методы для реализации</b>  <b>нелинейных консервативных</b>  <b>разностных схем.</b></p> <p>Построение консервативных разностных схем для одномерного нелинейного уравнения Шредингера. Методы построения экономичных итерационных методов решения нелинейных разностных схем для задач нелинейного взаимодействия лазерных импульсов со средой.</p>	8	4	-	-	-	-	4	4	-	4
<p><b>Тема 6. Консервативные</b>  <b>разностные схемы для систем</b>  <b>одномерных нелинейных</b>  <b>уравнений Шредингера.</b>  <b>Консервативные разностные</b>  <b>схемы для многомерных</b>  <b>нелинейных уравнений</b>  <b>Шредингера.</b></p> <p>Особенности построения консервативных разностных схем для одномерного нелинейного уравнения Шредингера. Методы построения консервативных разностных схем для нелинейного</p>	19	10		2		1	13	6	-	6

многомерного уравнения Шредингера.										
<b>Устный экзамен</b>	36	2						34		
<b>Итого</b>	108	38						72		

## 10. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ УЧАЩИХСЯ

.Самостоятельная работа учащихся состоит в изучении лекционного материала, учебно-методической и текущей научной литературы, подготовки к текущему контролю и промежуточной аттестации.

## 11. РЕСУРСНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Основная учебно-методическая литература:

- 1) Марчук Г. И. Методы вычислительной математики. М. : Наука, 1989г.
- 2) Самарский А.А. Теория разностных схем. М. : Наука, 1977 г.

Дополнительная учебно-методическая литература:

- 1) Карамзин Ю. Н., Сухоруков А. П., Трофимов В. А. Математическое моделирование в нелинейной оптике. Изд-во Московского университета. 1989 г.
- 2) LeVeque R. J. Finite difference methods for ordinary and partial differential equations: steady-state and time-dependent problems. Siam. 2007г.
- 3) J. Loustau. Numerical Differential Equations: theory and technique, ode methods, finite differences, finite elements and collocation. WordScientificPublishingCo. Pte. Ltd., NewJersey. 2016г.

### **Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»**

- 1) *Introduction to Computer Simulation Methods* by [Harvey Gould](#), [Jan Tobochnik](#), and [Wolfgang Christian](#), published by Addison-Wesley in 2006. <http://physics.clarku.edu/sip/>
- 2) <http://elibrary.ru>
- 3) [www.scopus.com](http://www.scopus.com)

### **Информационные технологии, используемые в процессе обучения**

1. Программное обеспечение для подготовки слайдов лекций MS PowerPoint
2. Программное обеспечение для создания и просмотра pdf-документов Adobe Reader
3. Программное обеспечение для создания программ на языке fortran.
4. Издательская система LaTeX.

### Активные и интерактивные формы проведения занятия

№ п\п	Тип занятия или внеаудиторной работы	Вид и тематика (название) интерактивного занятия
1	Лекция 15	Тема «Контрастные структуры»

### Материально-техническая база

Для преподавания дисциплины требуется класс, оборудованный маркерной или меловой доской и проектором.

### 12. ЯЗЫК ПРЕПОДАВАНИЯ

Русский

### **13. РАЗРАБОТЧИКИ ПРОГРАММЫ, ЛЕКТОРЫ**

Профессор, д.ф.-м.н. Трофимов Вячеслав Анатольевич, к.ф.-м.н. Логинова Мария Михайловна

**ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

**«Консервативные разностные схемы для нелинейных уравнений Шредингера»**

Средства для оценивания планируемых результатов обучения, критерии и показатели оценивания приведены ниже.

РЕЗУЛЬТАТ ОБУЧЕНИЯ по дисциплине (модулю)	КРИТЕРИИ и ПОКАЗАТЕЛИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТА ОБУЧЕНИЯ по дисциплине (модулю) <i>(критерии и показатели берутся из соответствующих карт компетенций, при этом пользуются либо традиционной системой оценивания, либо БРС)</i>					ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА
	1	2	3	4	5	
	<b>Неудовлетворительно</b>	<b>Неудовлетворительно</b>	<b>Удовлетворительно</b>	<b>Хорошо</b>	<b>Отлично</b>	
УМЕТЬ: анализировать альтернативные варианты решения исследовательских и практических задач и оценивать потенциальные выигрыши/проигрыши реализации этих вариантов У1 (УК-1)	Отсутствие умений	Частично освоенное умение анализировать альтернативные варианты решения исследовательских и практических задач и оценивать потенциальные выигрыши/проигрыши реализации этих вариантов	В целом успешно, но не систематически осуществляемые анализ альтернативных вариантов решения исследовательских и практических задач и оценка потенциальных выигрышей/проигрышей реализации этих вариантов	В целом успешно, но содержащие отдельные пробелы анализ альтернативных вариантов решения исследовательских задач и оценка потенциальных выигрышей/проигрышей реализации этих вариантов	Сформированное умение анализировать альтернативные варианты решения исследовательских и практических задач и оценивать потенциальные выигрыши/проигрыши реализации этих вариантов	доклады на научных семинарах

<p><b>ВЛАДЕТЬ:</b> навыками анализа методологических проблем, возникающих при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях <b>В1 (УК-1)</b></p>	<p>Отсутствие навыков</p>	<p>Фрагментарное применение навыков анализа методологических проблем, возникающих при решении исследовательских и практических задач</p>	<p>В целом успешное, но не систематическое применение навыков анализа методологических проблем, возникающих при решении исследовательских и практических задач</p>	<p>В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение навыков анализа методологических проблем, возникающих при решении исследовательских и практических задач</p>	<p>Успешное и систематическое применение навыков анализа методологических проблем, возникающих при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях</p>	<p>доклады на научных семинарах</p>
<p><b>ЗНАТЬ:</b> современные математические методы, применяющиеся для решения задач в области естественных наук, экономики, социологии и информационно-коммуникационных технологий <b>Код 31 (ОПК-1)</b></p>	<p>Отсутствие знаний</p>	<p>Фрагментарные представления о современных математических методах, применяющихся для решения задач в области естественных наук, экономики, социологии и информационно-коммуникационных технологий</p>	<p>В целом сформированные, но неполные знания о современных математических методах, применяющихся для решения задач в области естественных наук, экономики, социологии и информационно-коммуникационных технологий</p>	<p>Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания о современных математических методах, применяющихся для решения задач в области естественных наук, экономики, социологии и информационно-коммуникационных технологий</p>	<p>Сформированные систематические знания о современных математических методах, применяющихся для решения задач в области естественных наук, экономики, социологии и информационно-коммуникационных технологий</p>	<p>Устный экзамен</p>

				гий		
<p>УМЕТЬ: применять современные методы постановки и анализа задач в области математики и информатики <b>Код У1 (ОПК-1)</b></p>	Отсутствие умений	Фрагментарные умения применять современные методы постановки и анализа задач в области математики и информатики	В целом успешное, но не систематическое умение применять современные методы постановки и анализа задач в области математики и информатики	Успешное, но содержащее отдельные пробелы умение применять современные методы постановки и анализа задач в области математики и информатики	Сформированное умение применять современные методы постановки и анализа задач в области математики и информатики	Устный экзамен
<p>ВЛАДЕТЬ: навыками оптимального выбора современных методов и средств постановки и анализа задач в области математики и информатики <b>Код В1 (ОПК-1)</b></p>	Отсутствие навыков	Фрагментарное владение навыками оптимального выбора современных методов и средств постановки и анализа задач в области математики и информатики	В целом успешное, но не полное владение навыками оптимального выбора современных методов и средств постановки и анализа задач в области математики и информатики	Успешное, но содержащее отдельные пробелы владение навыками оптимального выбора современных методов и средств постановки и анализа задач в области математики и информатики	Сформированное владение навыками оптимального выбора современных методов и средств постановки и анализа задач в области математики и информатики	реферат
<p>ЗНАТЬ: Современные методы построения и анализа математических моделей,</p>	Отсутствие знаний	Фрагментарные представления о современных методах построения и анализа	В целом сформированные, но неполные знания о современных методах	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания о современных	Сформированные систематические знания о современных методах построения и	Устный экзамен

<p>возникающих при решении естественнонаучных задач и основанных на дифференциальных уравнениях. <b>Код 31 (ПК-1)</b></p>		<p>математических моделей, возникающих при решении естественнонаучных задач и основанных на дифференциальных уравнениях.</p>	<p>построения и анализа математических моделей, возникающих при решении естественнонаучных задачи и основанных на дифференциальных уравнениях.</p>	<p>методах построения и анализа математических моделей, возникающих при решении естественнонаучных задач и основанных на дифференциальных уравнениях.</p>	<p>анализа математических моделей, возникающих при решении естественнонаучных задач и основанных на дифференциальных уравнениях.</p>	
<p><b>УМЕТЬ:</b> Применять современные методы построения и анализа математических моделей, возникающих при решении естественнонаучных задач и основанных на дифференциальных уравнениях. <b>Код У1 (ПК-1)</b></p>	<p>Отсутствие умений</p>	<p>Фрагментарные умения применять современные методы построения и анализа математических моделей, возникающих при решении естественнонаучных задач и основанных на дифференциальных уравнениях.</p>	<p>В целом успешное, но не систематическое умение применять современные методы построения и анализа математических моделей, возникающих при решении естественнонаучных задач и основанных на дифференциальных уравнениях.</p>	<p>Успешное, но содержащее отдельные пробелы умение применять современные методы построения и анализа математических моделей, возникающих при решении естественнонаучных задач и основанных на дифференциальных уравнениях.</p>	<p>Сформированное умение применять современные методы построения и анализа математических моделей, возникающих при решении естественнонаучных задач и основанных на дифференциальных уравнениях.</p>	<p>Контрольныеработы</p>
<p><b>ВЛАДЕТЬ:</b> навыками выбора современных методов</p>	<p>Отсутствие навыков</p>	<p>Фрагментарное владение навыками выбора современных</p>	<p>В целом успешное, но не полное владение навыками</p>	<p>Успешное, но содержащее отдельные</p>	<p>Сформированное владение навыками выбора современных</p>	<p>Контрольныеработы, реферат</p>

<p>построения и анализа математических моделей, возникающих при решении естественнонаучных задач и основанных на дифференциальных уравнениях. <b>Код В1 (ПК-1)</b></p>		<p>методов построения и анализа математических моделей, возникающих при решении естественнонаучных задач и основанных на дифференциальных уравнениях.</p>	<p>выбора современных методов построения и анализа математических моделей, возникающих при решении естественнонаучных задач и основанных на дифференциальных уравнениях.</p>	<p>пробелывладение навыками выбора современных методов построения и анализа математических моделей, возникающих при решении естественнонаучных задач и основанных на дифференциальных уравнениях.</p>	<p>методов построения и анализа математических моделей, возникающих при решении естественнонаучных задач и основанных на дифференциальных уравнениях.</p>	
<p><b>ЗНАТЬ:</b> современные методы реализации различных математических алгоритмов в виде программных комплексов, особенности современных вычислительных комплексов <b>Код З1 (ПК-4)</b></p>	<p>Отсутствие знаний</p>	<p>Фрагментарные представления о современных методах реализации различных математических алгоритмов в виде программных комплексов, особенностях современных вычислительных комплексов</p>	<p>В целом сформированные, но неполные знания о современных методах реализации различных математических алгоритмов в виде программных комплексов, особенностях современных вычислительных комплексов</p>	<p>Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания о современных методах реализации различных математических алгоритмов в виде программных комплексов, особенностях современных вычислительных комплексов</p>	<p>Сформированные систематические знания о современных методах реализации различных математических алгоритмов в виде программных комплексов, особенностях современных вычислительных комплексов</p>	<p>Устный экзамен</p>

<p><b>УМЕТЬ:</b> применять современные методы реализации различных математических алгоритмов в виде программных комплексов с учетом особенностей современных вычислительных комплексов <b>Код У1 (ПК-4)</b></p>	<p>Отсутствие умений</p>	<p>Фрагментарные умения применять современные методы реализации различных математических алгоритмов в виде программных комплексов с учетом особенностей современных вычислительных комплексов</p>	<p>В целом успешное, но не систематическое умение применять современные методы реализации различных математических алгоритмов в виде программных комплексов с учетом особенностей современных вычислительных комплексов</p>	<p>Успешное, но содержащее отдельные пробелы умение применять современные методы реализации различных математических алгоритмов в виде программных комплексов с учетом особенностей современных вычислительных комплексов</p>	<p>Сформированное умение применять современные методы реализации различных математических алгоритмов в виде программных комплексов с учетом особенностей современных вычислительных комплексов</p>	<p>отчет</p>
<p><b>ВЛАДЕТЬ:</b> навыками оптимального выбора и создания новых современных методов реализации математических алгоритмов в виде программных комплексов, учитывающих особенности современных</p>	<p>Отсутствие навыков</p>	<p>Фрагментарное владение навыками оптимального выбора и создания новых современных методов реализации математических алгоритмов в виде программных комплексов, учитывающих особенности современных</p>	<p>В целом успешное, но не полное владение навыками оптимального выбора и создания новых современных методов реализации математических алгоритмов в виде программных комплексов,</p>	<p>Успешное, но содержащее отдельные пробелы владение навыками оптимального выбора и создания новых современных методов реализации математических алгоритмов в виде программных</p>	<p>Сформированное владение навыками оптимального выбора и создания новых современных методов реализации математических алгоритмов в виде программных комплексов, учитывающих особенности современных</p>	<p>отчет</p>

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ <b>Код В1 (ПК-4)</b>		ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ	учитывающих особенности современных вычислительных комплексов	комплексов, учитывающих особенности современных вычислительных комплексов	ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ	
--	--	------------------------------	---	--	------------------------------	--

### Фонды оценочных средств, необходимые для оценки результатов обучения

Список вопросов для устного экзамена.

#### 5. Список вопросов выносимых на экзамен

1. Обзор подходов к построению математических моделей распространения лазерного излучения.
2. Метод медленно изменяющихся амплитуд. Связь уравнения Шредингера с системой уравнений Максвелла.
3. Инварианты линейного уравнения Шредингера.
4. Связь инвариантов линейного уравнения Шредингера с интегральными характеристиками его решения.
5. Локализованные во времени решения линейного уравнения Шредингера.
6. Локализованные в пространстве решения линейного уравнения Шредингера.
7. Уравнение Шредингера с кубичной нелинейностью. Условия его записи из системы уравнений Максвелла.
8. Инварианты уравнения Шредингера с кубичной нелинейностью.
9. Связь инвариантов уравнения Шредингера с кубичной нелинейностью с интегральными характеристиками его решения в аксиально-симметричном случае.
10. Системы нелинейных уравнений Шредингера. Случай квадратичной и кубичной нелинейности.
11. Инварианты системы нелинейных уравнений Шредингера. Случай квадратичной и кубичной нелинейности.
12. Основные понятия теории разностных схем.
13. Разностная схема Кранка-Николсона для линейного уравнения Шредингера.
14. Методы решения систем линейных разностных уравнений, аппроксимирующих линейное уравнение Шредингера.
15. Консервативность разностных схем, аппроксимирующих линейное уравнение Шредингера.
16. Разностная схема, записанная на основе схемы Кранка-Николсона, для уравнения Шредингера с кубичной нелинейностью.
17. Консервативность разностных схем, аппроксимирующих уравнение Шредингера с кубичной нелинейностью.
18. Методы решения систем нелинейных разностных уравнений, аппроксимирующих нелинейное уравнение Шредингера.

20. Методы расщепления для решения систем нелинейных разностных уравнений, аппроксимирующих нелинейное уравнение Шредингера.
23. Итерационные методы для решения систем нелинейных разностных уравнений, аппроксимирующих нелинейное уравнение Шредингера.
24. Многостадийные итерационные методы для решения систем нелинейных разностных уравнений, аппроксимирующих нелинейное уравнение Шредингера в многомерном случае.
25. Асимптотическая устойчивость разностных схем.
26. Особенности проявления асимптотической устойчивости разностных схем при решении систем нелинейных разностных уравнений, аппроксимирующих системы нелинейных уравнений Шредингера.
27. Методы построения искусственных краевых условий для уравнения Шредингера
28. Консервативность разностных схем, аппроксимирующих линейное уравнение Шредингера с искусственными краевыми условиями.
29. Метод введения искусственных волн для повышения эффективности с искусственных краевых условий.

Материалы для мероприятий текущего контроля.

Мероприятия текущего контроля реализуются в виде тестов с выбором вариантов ответа. Два набора тестов охватывают теоретический материал, относящийся соответственно к темам 2, 3, 4 и 5, 6. Вопросы тестов соответствуют приведенным выше вопросам к устному экзамену, раскрывая их на более подробном уровне.

Примерные темы рефератов.

- 1) Вывод уравнений, описывающих распространения лазерного импульса в приближении медленно изменяющихся амплитуд.
  - 2) Вывод уравнений, описывающих распространения лазерного импульса в приближении медленно изменяющейся огибающей волны.
  - 3) Роль инвариантов при построении точных решений нелинейных уравнений Шредингера.
  - 4) Построение консервативной разностной схемы для многомерного нелинейного уравнения Шредингера
  - 5) Построение математической модели в рамках приближения медленно изменяющихся амплитуд.
  - 6) Вывод инвариантов уравнений Шредингера.
  - 7) Построение разностные схемы для линейного уравнения Шредингера.
  - 1) Доказательство консервативности разностной схемы.
  - 2) Построение искусственных краевых условий.
- 
1. Задача о свободном движении множества взаимодействующих материальных точек и глобальные свойства ее решения.

2. Движение материальной точки в центральном поле и его особенности.
3. Свойства решений задачи Кеплера.
4. Математические модели окисления монооксида углерода на платиновом катализаторе.
5. Задача о движении трех тел и ее частные решения.

#### **Особенности организации процесса обучения**

Для эффективного освоения курса рекомендуется перед каждым занятием привести в порядок конспекты лекций. После каждого занятия рекомендуется найти и прочитать дополнительную литературу по теме лекции, придумать примеры, иллюстрирующие основные утверждения, прочитать и дополнить свои конспекты.

#### **Структура и график контрольных мероприятий**

Контрольные работы на 6-й и 12-й неделях, реферат в течение семестра, устный экзамен в конце семестра.