

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра метеорологических прогнозов

Рабочая программа дисциплины  
**ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ФИЗИКА**  
(ПРАКТИКУМ НА ЭВМ)

Основная профессиональная образовательная программа  
высшего образования по направлению подготовки / специальности

**03.03.02 «Физика»**

Направленность (профиль) / Специализация:

**Физика**

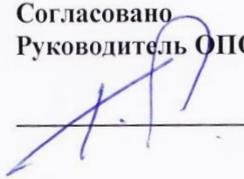
Уровень:

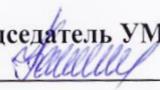
**Бакалавриат**

Форма обучения

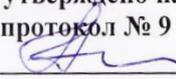
**Очная**

Согласовано  
Руководитель ОПОП

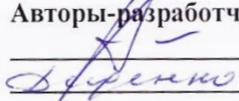
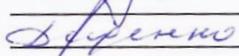
  
Бобровский А.П.

Председатель УМС РГГМУ  
  
Палкин И.И.

Рекомендовано решением  
Учено методического совета РГГМУ  
19 мая 2021 г., протокол № 8

Рассмотрено и утверждено на заседании кафедры  
04 мая 2021 г., протокол № 9  
Зав. кафедрой  Анискина О.Г.

Авторы-разработчики:

 Погорельцев А.И.  
 Диденко К.А.

Рассмотрено и рекомендовано к использованию в учебном процессе на \_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_  
учебный год без изменений\*

**Протокол заседания кафедры \_\_\_\_\_ от \_\_.\_\_.20\_\_ №\_\_**

Рассмотрено и рекомендовано к использованию в учебном процессе на  
\_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_  
учебный год с изменениями (см. лист изменений)\*\*

**Протокол заседания кафедры \_\_\_\_\_ от \_\_.\_\_.20\_\_ №\_\_**

\*Заполняется при ежегодном пересмотре программы, если в неё не внесены  
изменения

\*\* Заполняется при ежегодном пересмотре программы, если в неё внесены  
изменения

### 1. Цель и задачи освоения дисциплины

Цель освоения дисциплины «Вычислительная физика» (Практикум на ЭВМ) – формирование у студентов комплекса знаний в области практического применения численных методов, вычислительной техники и программных средств как применительно к решению прикладных и теоретических задач физики атмосферы и мониторинга окружающей среды, так и для рассмотрения физических задач более широкого профиля.

#### Задачи:

- изучение основных методов и алгоритмов, применяемых для решения задач линейной алгебры, математической физики и гидродинамики атмосферы, а также используемых при обработке данных наблюдений;
- получение практических навыков работы с важнейшими пакетами прикладных программ, реализующих эти методы и алгоритмы.

### 2. Место дисциплины в структуре основной профессиональной образовательной программы

Дисциплина «Вычислительная физика» для направления 03.03.02 – Физика относится к базовой части цикла дисциплин. Читается в 7 семестре для очной формы обучения.

Для освоения данной дисциплины, обучающиеся должны освоить разделы дисциплин: «Математика», «Общая физика», «Геофизика», «Физика атмосферы и гидросферы», «Теория колебаний и волн», «Численные методы и математическое моделирование». Параллельно с ней изучаются: «Геоинформационные системы в экологии и природопользовании», «Системы формирования космических изображений». Дисциплина «Вычислительная физика» является базовой для написания выпускной квалификационной работы бакалавра.

### 3. Перечень планируемых результатов обучения

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование компетенций:  
ОПК-3.1; ОПК-3.2

Таблица 1.

#### Общепрофессиональные компетенции

Код и наименование общепрофессиональной компетенции	Код и наименование индикатора достижения общепрофессиональной компетенции	Результаты обучения
ОПК-3 Способен использовать современные информационные технологии и программные средства при решении задач профессиональной деятельности, соблюдая требования информационной	ОПК-3.1. Использует основные методы, способы и средства получения, хранения, переработки информации	Знать: – особенности машинной арифметики и проблемы, возникающие при численной реализации методов решения прикладных задач на компьютерах; – основы программирования и основные элементы

<p>безопасности</p>		<p>языка Фортран;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– методы и принципы построения алгоритмов, применяемые для решения задач линейной алгебры и математической физики.</li> </ul> <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– применять математический аппарат линейной алгебры и математической физики, используемый при разработке методов и построении численных алгоритмов решения прикладных и теоретических задач физики атмосферы;</li> <li>– использовать стандартные пакеты прикладных программ, разработанные для решения задач линейной алгебры, математической физики и статистической обработки данных наблюдений.</li> </ul> <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– навыками составления драйверов для обращения к стандартным пакетам прикладных программ (SLATEC, IMSL и др.).</li> </ul>
	<p>ОПК-3.2. Использует компьютер как средство обеспечения информацией в профессиональной деятельности</p>	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– численные методы, используемые для решения нестационарных уравнений гидродинамики атмосферы;</li> <li>– физическую и математическую постановки задачи о распространении в атмосфере внутренних гравитационных волн (ВГВ);</li> <li>– основы теории возмущений и ее применение для решения задачи о</li> </ul>

		<p>вертикальной структуре ВГВ при наличии фонового потока и диссипации.</p> <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– реализовывать на Фортране методы решения нестационарных задач гидродинамики, исследовать их на устойчивость и использовать методы компьютерной графики для представления результатов расчетов;</li> <li>– использовать стандартные пакеты прикладных программ, предназначенных для спектральной обработки данных наблюдений.</li> </ul> <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– навыками написания прикладных программ для решения прикладных геофизических задач по моделированию и анализу данных спутниковых и наземных измерений с использованием стандартных пакетов программ (SLATEC, IMSL и др.).</li> </ul>
--	--	---

#### 4. Структура и содержание дисциплины

##### 4.1. Объем дисциплины

Объем дисциплины составляет 2 зачетные единицы, 72 академических часа.

Таблица 2.

Объем дисциплины по видам учебных занятий в академических часах 2021 года набора

Объём дисциплины	Всего часов
	Очная форма обучения
<b>Объём дисциплины</b>	<b>72</b>
<b>Контактная работа обучающихся с преподавателем (по видам аудиторных учебных занятий) – всего:</b>	<b>28</b>
в том числе:	-
лекции	
Занятия семинарского типа:	
Практические занятия	
Лабораторные занятия	<b>28</b>
<b>Самостоятельная работа</b> (далее – СРС) – <b>всего:</b>	<b>44</b>
в том числе:	-
Курсовая работа	
Контрольная работа	
<b>Вид промежуточной аттестации</b>	<b>зачет</b>

#### 4.2. Структура дисциплины

Таблица 3.

Структура дисциплины для очной формы обучения 2021 года набора

№	Раздел / тема дисциплины	Семестр	Виды учебной работы, в т.ч. самостоятельная работа студентов, час.			Формы текущего контроля успеваемости	Формируемые компетенции	Индикаторы достижения компетенций
			Лекции	Практические занятия	СРС			
1	<u>Численное решение систем линейных алгебраических уравнений.</u>	7	0	4	6	Опрос перед лабораторной работой. Обсуждение и анализ проделанной работы.	ОПК-3	ОПК-3.1; ОПК-3.2
2	<u>Интерполяция и численное интегрирование</u>	7	0	4	6	Опрос перед лабораторной работой.	ОПК-3	ОПК-3.1; ОПК-3.2

	<u>е.</u>					Обсуждение и анализ проделанной работы.		
3	<u>Аппроксимация данных наблюдения.</u>	7	0	4	6	Опрос перед лабораторной работой. Обсуждение и анализ проделанной работы.	ОПК-3	ОПК-3.1; ОПК-3.2
4	<u>Численные методы решения задачи Коши для ОДУ.</u>	7	0	4	8	Опрос перед лабораторной работой. Обсуждение и анализ проделанной работы.	ОПК-3	ОПК-3.1; ОПК-3.2
5	<u>Численные методы решения граничных задач.</u>	7	0	4	6	Опрос перед лабораторной работой. Обсуждение и анализ проделанной работы.	ОПК-3	ОПК-3.1; ОПК-3.2
6	<u>Численные методы решения нестационарных задач гидродинамики.</u>	7	0	4	6	Опрос перед лабораторной работой. Обсуждение и анализ проделанной работы.	ОПК-3	ОПК-3.1; ОПК-3.2
7	<u>Анализ экспериментальных данных с целью выявления скрытых периодичностей.</u>	7	0	4	6	Опрос перед лабораторной работой. Обсуждение и анализ проделанной работы.	ОПК-3	ОПК-3.1; ОПК-3.2
	<b>ИТОГО</b>	-	<b>0</b>	<b>28</b>	<b>44</b>	-	-	-

### **4.3. Содержание разделов/тем дисциплины**

#### ***4.3.1 Численное решение систем линейных алгебраических уравнений***

Различные способы решения систем линейных алгебраических уравнений, преимущества прямых методов, хранимая, разреженная и ленточная матрицы, вектор ошибки и невязка, понятие вырожденности матрицы, векторные нормы, метод последовательного исключения Гаусса, треугольное (LU) разложение матрицы, главные элементы. Плохо обусловленные или некорректно поставленные задачи, понятие близости матрицы к вырожденной, число обусловленности, матричная норма, методы оценки числа обусловленности.

#### ***4.3.2 Интерполяция и численное интегрирование***

Интерполирующая функция, эрмитов интерполянт, полиномиальная интерполяция, кусочно-полиномиальная интерполяция, формула Ньютона-Лейбница, методы построения квадратур, простейшие одномерные квадратурные формулы (прямоугольников, трапеций, Симпсона), базис Лагранжа, правила Гаусса, понятие правил открытого типа, основные свойства правил Гаусса, правила Гаусса-Кронрода, оценка погрешности, вычисление интегралов в нерегулярных случаях.

#### ***4.3.3 Аппроксимация данных наблюдений***

Метод наименьших квадратов, метод ортогональных проекций, метод наименьших квадратов с весами, аппроксимация данных с использованием других норм, статистические критерии при исследовании данных наблюдений, стандартное отклонение, доверительные интервалы, график невязок, ковариационная матрица. Нормальные уравнения, ортогональные факторизации, QR-факторизация, преобразование Хаусхолдера, понятие почти вырожденной матрицы, вычисление собственных значений, сингулярное (SVD) разложение, псевдо-обратная матрица, аппроксимация по методу наименьших квадратов с использованием SVD разложения.

#### ***4.3.4 Численные методы решения задачи Коши для обыкновенных дифференциальных уравнений***

Решение обыкновенного дифференциального уравнения (ОДУ), интегральные кривые, семейство решений ОДУ, начальная точка, дискретизация задачи, уравнения высокого порядка и системы уравнений, устойчивые и неустойчивые уравнения и численные методы, жесткие дифференциальные уравнения, метод Эйлера, точность и устойчивость численных методов, глобальная ошибка, локальная и распространяемая ошибки, множитель перехода, стратегия выбора шага интегрирования, анализ устойчивости для систем ОДУ, порядок метода численного интегрирования, неявные методы и их устойчивость, многошаговые и многозначные методы.

#### ***4.3.5 Численные методы решения граничных задач***

Формулировка граничной (краевой) задачи, метод суперпозиции, метод прогонки (аналитической факторизации), метод построения функции Грина, определитель Вронского, достоинства и недостатки различных методов решения граничных задач.

### 4.3.6 Численные методы решения нестационарных задач гидродинамики

Нестационарная (смешанная) граничная задача, уравнения мелкой воды, адвекция, адаптация (взаимное приспособление полей ветра и массы или давления) и диффузия, проблема дискретизации (метод сеток), конечно-разностная аппроксимация, аналитическое решение линейного уравнения адвекции, пространственная дискретизация, вычислительная дисперсия и ошибки аппроксимации, согласованность, сходимость и устойчивость численных схем, схемы интегрирования по времени, критерий устойчивости Куранта-Фридриха-Леви, свойства схем на примере уравнения колебаний, свойства схем интегрирования эволюционных уравнений на примере линейного уравнения адвекции.

### 4.3.7 Анализ экспериментальных данных с целью выявления скрытых периодичностей

Преобразование Фурье. Граничная частота и частота Найквиста. Маскировка частот и влияние конечности длины выборки. Сглаживание и фильтрация. Анализ данных с пропусками, периодограммы Ломба-Скаргла. Вейвлет преобразование. Пространственно-временной спектральный анализ глобальных распределений метеорологических полей.

## 4.4. Содержание занятий семинарского типа

Таблица 4.

Содержание лабораторных занятий для очной формы обучения

№ темы дисциплины	Тематика практических занятий	Всего часов	В том числе часов практической подготовки
1	Численное решение систем линейных алгебраических уравнений.	4	
2	Интерполяция и численное интегрирование.	4	
3	Аппроксимация данных наблюдения.	4	
4	Численные методы решения задачи Коши для ОДУ.	4	
5	Численные методы решения граничных задач.	4	
6	Численные методы решения нестационарных задач гидродинамики.	4	
7	Анализ экспериментальных данных с целью выявления скрытых периодичностей.	4	

## 5. Перечень учебно-методического обеспечения самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

В течение семестра студент обязан самостоятельно прорабатывать материал, для чего рекомендуется изучить основную и дополнительную литературу, презентации практических работ. Освоение материалом и выполнение практических работ проходит при регулярных, по возможности, консультациях с преподавателем, для чего студенту предоставлена возможность использовать удаленный доступ (Интернет).

## 6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

Учет успеваемости обучающегося по дисциплине осуществляется по 100-балльной шкале. Максимальное количество баллов по дисциплине за один семестр – 100:

- максимальное количество баллов за выполнение всех видов текущего контроля - 70;
- максимальное количество баллов за прохождение промежуточной аттестации – 30.

### 6.1. Текущий контроль

Типовые задания, методика выполнения и критерии оценивания текущего контроля по разделам дисциплины представлены в Фонде оценочных средств по данной дисциплине.

### 6.2. Промежуточная аттестация

Форма промежуточной аттестации по дисциплине – **зачет**.

Форма проведения зачета: устно по билетам.

**Перечень вопросов для подготовки к зачету/экзамену/ зачету с оценкой:**

#### ОПК-3.1

1. Как разделить бегущие на восток и запад планетарные волны при анализе глобальных распределений метеорологических полей по данным реанализа?
2. Что характеризует показатель вейвлета Морле? Какое значение этого показателя обычно используют при анализе атмосферных волн?
3. Как выглядит вертикальная структура внутренней гравитационной волны (ВГВ) выше и ниже источника?
4. К каким эффектам приводит учет молекулярной диссипации при решении задач о вертикальном распространении ВГВ?
5. Какие ВГВ способны распространяться до высот термосферы?

#### ОПК-3.2

6. Какие способы существуют для уменьшения числа обусловленности при решении задач аппроксимации данных спутниковых наблюдений?
7. Какие прикладные программы предпочтительнее использовать при решении жестких задач?
8. Каковы преимущества и недостатки различных методов решения граничных задач?
9. Как оценить является ли задача жесткой?
10. В каких случаях можно использовать нормальную систему уравнений метода наименьших квадратов при решении задач аппроксимации данных?

### 6.3. Балльно-рейтинговая система оценивания

Таблица 5.

Распределение баллов по видам учебной работы

Вид учебной работы, за которую ставятся баллы	Баллы
Лабораторная работа №1	0-10
Лабораторная работа №2	0-10
Лабораторная работа №3	0-10
Лабораторная работа №4	0-10
Лабораторная работа №5	0-10
Лабораторная работа №6	0-10
Лабораторная работа №7	0-10
Промежуточная аттестация	0- 30
<b>ИТОГО</b>	<b>0-100</b>

Минимальное количество баллов для допуска до промежуточной аттестации составляет 40 баллов при условии выполнения всех видов текущего контроля.

Таблица 6.

Балльная шкала итоговой оценки на зачете

Оценка	Баллы
Зачтено	40-100
Не зачтено	0-39

## 7. Методические рекомендации для обучающихся по освоению дисциплины

Методические рекомендации ко всем видам аудиторных занятий, а также методические рекомендации по организации самостоятельной работы, в том числе по подготовке к текущему контролю и промежуточной аттестации представлены в Методических рекомендациях для обучающихся по освоению дисциплины «ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ФИЗИКА (ПРАКТИКУМ НА ЭВМ)».

## 8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 8.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы

#### Основная литература

1. *Форсайт Дж., Малькольм М., Моулер К.* Машинные методы математических вычислений.- М.: Мир. 1980. 280 с.
2. *На Ц.* Вычислительные методы решения прикладных граничных задач.- М.: Мир. 1982. 296 с.
3. *Каханер Д., Моулер К., Нэш С.* Численные методы и программное обеспечение.- М.: Мир. 2001. 576 с.
4. 8. *Репинская Р.П., Анискина О.Г.* Конечно-разностные методы в гидродинамическом моделировании атмосферных процессов.- Санкт-Петербург: РГГМУ, 2002, 174 с.
5. 10. *Самарский А.А., Михайлов А.П.* Математическое моделирование.- М.: Физматгиз. 2005. 320 с.

#### Дополнительная литература

1. *Курганский М.В.* Введение в крупномасштабную динамику атмосферы (адиабатические инварианты и их применение).- Санкт-Петербург: Гидрометеоздат. 1993. 168 с.
2. Модели общей циркуляции атмосферы.- под редакцией *Ю. Чанга.* Л.: Гидрометеоздат, 1981. 352 с.
3. *Холтон Дж.Р.* Динамическая метеорология стратосферы и мезосферы.- Л.: Гидрометеоздат. 1979. 224 с.
4. *Durran D.R.* Numerical methods for wave equations in geophysical fluid dynamics. Texts in Applied mathematics vol. 32. Springer-Verlag, New York, USA, 1999, 465 p.
5. *Амосов А.А., Дубинский Ю.А., Копченова Н.В.* Вычислительные методы для инженеров.- М.: Высшая школа. 1994. 544 с.
6. *Бидлингмайер Е.Р., Погорельцев А.И.* Численное моделирование трансформации акустико-гравитационных волн в температурные и вязкие волны в атмосфере//Изв. РАН, Физика атмосферы и океана, 1992, Т. 28, № 1, С. 64-74.
7. *Белов П.Н., Борисенков Е.П., Панин Б.Д.* Численные методы прогноза погоды.- Л.: Гидрометеоздат, 1989, 376 с.
8. *Самарский А.А.* Введение в численные методы.- М.: Наука. 1987. 288 с.

## 8.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет"

1. [http://people.sc.fsu.edu/~jburkardt/f\\_src/slatec/slatec.html](http://people.sc.fsu.edu/~jburkardt/f_src/slatec/slatec.html)
2. <http://apps.nrbook.com/fortran/index.html>
3. <http://paos.colorado.edu/research/wavelets/>

## 8.3. Перечень программного обеспечения

1. windows 7 48818295 20.07.2011
2. office 2010 49671955 01.02.2012
3. windows 7 48130165 21.02.2011
4. office 2010 49671955 01.02.2012
5. windows 7 48130165 21.02.2011
6. office 2010 49671955 01.02.2012
7. GNU Fortran - компилятор (свободно распространяемое программное обеспечение).
8. Пакет программ SLATEC (в свободном доступе)
9. GRADS - система анализа и представления данных (свободно распространяемое программное обеспечение).

## 9. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Лаборатория моделирования средней и верхней атмосферы, в которой используются персональные компьютеры и рабочие станции.

## 10. Особенности освоения дисциплины для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья

Обучение обучающихся с ограниченными возможностями здоровья при необходимости осуществляется на основе адаптированной рабочей программы с использованием специальных методов обучения и дидактических материалов, составленных с учетом особенностей психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья таких обучающихся (обучающегося).

При определении формы проведения занятий с обучающимся-инвалидом учитываются рекомендации, содержащиеся в индивидуальной программе реабилитации инвалида, относительно рекомендованных условий и видов труда.

При необходимости для обучающихся из числа инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья создаются специальные рабочие места с учетом нарушенных функций и ограничений жизнедеятельности.

## 11. Возможность применения электронного обучения и дистанционных образовательных технологий

Дисциплина может реализовываться с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий.