

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное учреждение  
высшего профессионального образования  
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"  
Институт физики



подписано электронно-цифровой подписью

**Программа дисциплины**  
Численные методы М1.ДВ.4

Направление подготовки: 011200.68 - Физика

Профиль подготовки: Физика конденсированного состояния

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

**Автор(ы):**

Недопекин О.В. , Лысогорский Ю.В.

**Рецензент(ы):**

Прошин Ю.Н.

**СОГЛАСОВАНО:**

Заведующий(ая) кафедрой: Таюрский Д. А.

Протокол заседания кафедры No \_\_\_\_ от " \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 201\_\_ г

Учебно-методическая комиссия Института физики:

Протокол заседания УМК No \_\_\_\_ от " \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 201\_\_ г

Регистрационный No 6144614

Казань

2014

## Содержание

1. Цели освоения дисциплины
2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы
3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля
4. Структура и содержание дисциплины/ модуля
5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения
6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов
7. Литература
8. Интернет-ресурсы
9. Материально-техническое обеспечение дисциплины/модуля согласно утвержденному учебному плану

Программу дисциплины разработал(а)(и) младший научный сотрудник, к.н. Лысогорский Ю.В. НИЛ Новые материалы для квантовых технологий Институт физики , void2003@gmail.com ; доцент, к.н. Недопекин О.В. Кафедра общей физики Отделение физики , Oleg.Nedopekin@kpfu.ru

### 1. Цели освоения дисциплины

Цель дисциплины познакомить с продвинутыми численными методами физики

### 2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы высшего профессионального образования

Данная учебная дисциплина включена в раздел " М1.ДВ.4 Общенаучный" основной образовательной программы 011200.68 Физика и относится к дисциплинам по выбору. Осваивается на 2 курсе, 3 семестр.

Дисциплина по выбору для студентов желающих углубить знания современными методами компьютерной физики

### 3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ОК-1 (общекультурные компетенции)	способностью продемонстрировать углубленные знания в области математики и естественных наук
ПК-1 (профессиональные компетенции)	способностью свободно владеть фундаментальными разделами физики, необходимыми для решения научно-исследовательских задач (в соответствии со своей магистерской программой)
ПК-2 (профессиональные компетенции)	способностью использовать знания современных проблем физики, новейших достижений физики в своей научно-исследовательской деятельности
ПК-5 (профессиональные компетенции)	способностью использовать свободное владение профессионально-профилированными знаниями в области информационных технологий, современных компьютерных сетей, программных продуктов и ресурсов Интернет для решения задач профессиональной деятельности, в том числе находящихся за пределами профильной подготовки
ПК-6 (профессиональные компетенции)	способностью свободно владеть разделами физики, необходимыми для решения научно-инновационных задач (в соответствии с профилем подготовки)
ПК-7 (профессиональные компетенции)	способностью свободно владеть профессиональными знаниями для анализа и синтеза физической информации (в соответствии с профилем подготовки)

В результате освоения дисциплины студент:

1. должен знать:

Алгоритмы решения основных задач компьютерной физики

2. должен уметь:

составлять и оптимизировать программы решения основных задач компьютерной физики

оценить точность решения

3. должен владеть:

основными пакетами программ решения математических задач, библиотеками прикладных программ,  
методами параллельного программирования

4. должен демонстрировать способность и готовность:

к дальнейшему обучению

#### 4. Структура и содержание дисциплины/ модуля

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетных(ые) единиц(ы) 72 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины зачет в 3 семестре.

Суммарно по дисциплине можно получить 100 баллов, из них текущая работа оценивается в 50 баллов, итоговая форма контроля - в 50 баллов. Минимальное количество для допуска к зачету 28 баллов.

86 баллов и более - "отлично" (отл.);

71-85 баллов - "хорошо" (хор.);

55-70 баллов - "удовлетворительно" (удов.);

54 балла и менее - "неудовлетворительно" (неуд.).

#### 4.1 Структура и содержание аудиторной работы по дисциплине/ модулю

##### Тематический план дисциплины/модуля

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
1.	Тема 1. Основы математического моделирования.	3	1-4	4	4	0	отчет
2.	Тема 2. Задачи, приводящие к дифференциальным и интегральным уравнениям и численные методы их решения.	3	5-8	2	2	0	отчет
3.	Тема 3. Метод Монте-Карло в физике.	3	9-10	2	2	0	контрольная работа
4.	Тема 4. Гармонический анализ	3	11-14	2	2	0	отчет
5.	Тема 5. Современные методы оптимизации вычислений.	3	15-18	4	4	0	отчет
	Тема . Итоговая форма контроля	3		0	0	0	зачет

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
Итого				14	14	0	

## 4.2 Содержание дисциплины

### Тема 1. Основы математического моделирования.

#### **лекционное занятие (4 часа(ов)):**

Основные этапы математического моделирования. Создание математической модели. Приближенный характер математической модели. Реализация математической модели. Погрешности математического моделирования. Неустраняемая погрешность (погрешность модели) и устранимая погрешность (погрешность численного метода и погрешность вычислительная).

#### **практическое занятие (4 часа(ов)):**

Численный эксперимент. Тестирование и отладка математической модели. умножение матриц

### Тема 2. Задачи, приводящие к дифференциальным и интегральным уравнениям и численные методы их решения.

#### **лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Численные методы решения задач, приводящих к различным типам уравнений в частных производных. Численные методы решения задач, приводящих к различным типам интегральных уравнений. Корректные и некорректные задачи. Устойчивость решений. Предельные циклы и бифуркация. Странные аттракторы. Задача Ферми-Паста-Улама. Нелинейное волновое уравнение Кортевега и де Фриза. Солитоны.

#### **практическое занятие (2 часа(ов)):**

решение прямой и обратной задачи томографии

### Тема 3. Метод Монте-Карло в физике.

#### **лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Проблема расчета многомерных интегралов и многократных сумм. Расчет интегралов методом Монте-Карло. Генераторы случайных чисел. Стохастическая оптимизация. Изингова модель. Приложения в задачах финансовой математики.

#### **практическое занятие (2 часа(ов)):**

Интегрирование методом Монте-Карло. Модель Изинга

### Тема 4. Гармонический анализ

#### **лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Быстрое преобразование Фурье. Метод Прони. Цифровая фильтрация. Теория и практика вейвлет-преобразования

#### **практическое занятие (2 часа(ов)):**

Обработка сигнала. Фурье и вейвлет преобразование

### Тема 5. Современные методы оптимизации вычислений.

#### **лекционное занятие (4 часа(ов)):**

Технология параллельного программирования в системах с общей памятью ? стандарт OpenMP. Кластерные вычисления (программный интерфейс MPI). Облачные вычисления. Использование графических процессоров для математических вычислений.

#### **практическое занятие (4 часа(ов)):**

Параллельное программирование OpenMP и MPI

## 4.3 Структура и содержание самостоятельной работы дисциплины (модуля)

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
1.	Тема 1. Основы математического моделирования.	3	1-4	подготовка к отчету	2	отчет
				Составление и тестирование программ	8	опрос
2.	Тема 2. Задачи, приводящие к дифференциальным и интегральным уравнениям и численные методы их решения.	3	5-8	подготовка к отчету	2	отчет
				Составление и тестирование программ	8	опрос
3.	Тема 3. Метод Монте-Карло в физике.	3	9-10	подготовка к контрольной работе	4	контрольная работа
				Составление и тестирование программ	4	опрос
4.	Тема 4. Гармонический анализ	3	11-14	подготовка к отчету	2	отчет
				Составление и тестирование программ	6	опрос отчет
5.	Тема 5. Современные методы оптимизации вычислений.	3	15-18	Составление и тестирование программ	8	отчет
Итого					44	

### 5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения

интерактивные занятия с использованием мультимедиа оборудования и компьютеров  
Разработка и отладка компьютерных программ

### 6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

#### Тема 1. Основы математического моделирования.

опрос , примерные вопросы:

Численный эксперимент. Тестирование и отладка математической модели

отчет , примерные вопросы:

Представление программы Тестирование на примере умножения случайных матриц

#### Тема 2. Задачи, приводящие к дифференциальным и интегральным уравнениям и численные методы их решения.

опрос , примерные вопросы:

решение прямой и обратной задачи томографии

отчет , примерные вопросы:

Представление программы Составление простого фантома и на его основе решение задачи томографии

### **Тема 3. Метод Монте-Карло в физике.**

контрольная работа , примерные вопросы:

Составить программу вычисления определенного интеграла для заданной функции многих переменных методом Монте-Карло

опрос , примерные вопросы:

Интегрирование методом Монте-Карло. Модель Изинга

### **Тема 4. Гармонический анализ**

опрос отчет , примерные вопросы:

Обработка сигнала. Фурье и вейвлет преобразование

отчет , примерные вопросы:

Обработка тестового примера шумов Джексоновского контакта

### **Тема 5. Современные методы оптимизации вычислений.**

отчет , примерные вопросы:

Параллельное программирование OpenMP и MPI Написать программу параллельного умножения матриц

### **Тема . Итоговая форма контроля**

Примерные вопросы к зачету:

1. Основные этапы математического моделирования. Создание математической модели. Приближенный характер математической модели. Реализация математической модели.
2. Тестирование и отладка математической модели. Погрешности математического моделирования. Неустраняемая погрешность (погрешность модели) и устраняемая погрешность (погрешность численного метода и погрешность вычислительная).
3. Численные методы решения задач, приводящих к различным типам уравнений в частных производных. Уравнение Пуассона. Уравнение Лагранжа. Численные методы решения задач, приводящих к различным типам интегральных уравнений.
4. Решение задач томографии.
5. Корректные и некорректные задачи. Устойчивость решений.
6. Предельные циклы и бифуркация. Странные аттракторы.
7. Задача Ферми-Паста-Улама. Нелинейное волновое уравнение Кортевега и де Фриза. Солитоны.
8. Проблема расчета многомерных интегралов и многократных сумм. Расчет интегралов методом Монте-Карло.
9. Генераторы случайных чисел.
10. Стохастическая оптимизация. Изингова модель. Приложения в задачах финансовой математики.
11. Быстрое преобразование Фурье.
12. Теория и практика вейвлет-преобразования
13. Технология параллельного программирования в системах с общей памятью - стандарт OpenMP.
14. Кластерные вычисления. Программный интерфейс MPI.
15. Облачные вычисления. Использование графических процессоров для математических вычислений. Технология NVIDIA CUDA.

#### **7.1. Основная литература:**

1. Поршнев, С. В. Компьютерное моделирование физических процессов в пакете MATLAB : учебное пособие : [для студентов вузов, обучающихся по специальностям Математика, Информатика, Физика] / С. В. Поршнев. ? Издание 2-е, исправленное .? Санкт-Петербург [и др.] : "Лань", 2011 .?



736 с. : ил. ; 26 см. + 1 электр. опт. диск. (CD-ROM)

10 экз

2. Недопекин О.В., Лысогорский Ю.А., Петрова А.В. Введение в пользовательский интерфейс MedeA(c) (уч.-метод. пособие). [Электронный ресурс] / - 2011. - Казань. - КФУ.

[http://kpfu.ru/publication?p\\_id=39725](http://kpfu.ru/publication?p_id=39725)

ЭР КФУ

3. Юдович, В. И. Математические модели естественных наук: учебное пособие / В. И. Юдович. ? Санкт-Петербург [и др.]: Лань, 2011 .? 335 с.: ил.

20

## **7.2. Дополнительная литература:**

1. Прошин, Ю.Н. Численные методы и мат. моделирование: Лекционный материал. [Электронный ресурс] / Ю.Н.Прошин, С.К.Сайкин, Р.Г.Деминов - Казань, КФУ, Институт Физики, 2010. - 330 слайдов.

[http://mrsej.ksu.ru/pro/pdf\\_10/ChMMM\\_all\\_10.pdf](http://mrsej.ksu.ru/pro/pdf_10/ChMMM_all_10.pdf)

ЭР КФУ

2. Тарасевич, Ю. Ю. Математическое и компьютерное моделирование : вводный курс : учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности 030100 "Информатика" / Ю. Ю. Тарасевич .? Изд. 6-е .? Москва : URSS: [ЛИБРОКОМ, 2013] .? 148, [1] с.: ил.

11

## **7.3. Интернет-ресурсы:**

Библиотека MPI - [http://www.dmoz.org/Computers/Parallel\\_Computing/Programming/Libraries/MPI/](http://www.dmoz.org/Computers/Parallel_Computing/Programming/Libraries/MPI/)

Вейвлет-анализ: основы теории и примеры применения - <http://ufn.ru/ru/articles/1996/11/a/>

Википедия - [wikipedia.org](http://wikipedia.org)

Параллельное программирование сайт МГУ - <http://parallel.ru/info/parallel>

Спецификация OpenMP - <http://openmp.org/wp/>

## **8. Материально-техническое обеспечение дисциплины(модуля)**

Освоение дисциплины "Численные методы" предполагает использование следующего материально-технического обеспечения:



Мультимедийная аудитория, вместимостью более 60 человек. Мультимедийная аудитория состоит из интегрированных инженерных систем с единой системой управления, оснащенная современными средствами воспроизведения и визуализации любой видео и аудио информации, получения и передачи электронных документов. Типовая комплектация мультимедийной аудитории состоит из: мультимедийного проектора, автоматизированного проекционного экрана, акустической системы, а также интерактивной трибуны преподавателя, включающей тач-скрин монитор с диагональю не менее 22 дюймов, персональный компьютер (с техническими характеристиками не ниже Intel Core i3-2100, DDR3 4096Mb, 500Gb), конференц-микрофон, беспроводной микрофон, блок управления оборудованием, интерфейсы подключения: USB, audio, HDMI. Интерактивная трибуна преподавателя является ключевым элементом управления, объединяющим все устройства в единую систему, и служит полноценным рабочим местом преподавателя. Преподаватель имеет возможность легко управлять всей системой, не отходя от трибуны, что позволяет проводить лекции, практические занятия, презентации, вебинары, конференции и другие виды аудиторной нагрузки обучающихся в удобной и доступной для них форме с применением современных интерактивных средств обучения, в том числе с использованием в процессе обучения всех корпоративных ресурсов. Мультимедийная аудитория также оснащена широкополосным доступом в сеть интернет. Компьютерное оборудование имеет соответствующее лицензионное программное обеспечение.

Компьютерный класс, представляющий собой рабочее место преподавателя и не менее 15 рабочих мест студентов, включающих компьютерный стол, стул, персональный компьютер, лицензионное программное обеспечение. Каждый компьютер имеет широкополосный доступ в сеть Интернет. Все компьютеры подключены к корпоративной компьютерной сети КФУ и находятся в едином домене.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе Издательства "Лань" , доступ к которой предоставлен студентам. ЭБС Издательства "Лань" включает в себя электронные версии книг издательства "Лань" и других ведущих издательств учебной литературы, а также электронные версии периодических изданий по естественным, техническим и гуманитарным наукам. ЭБС Издательства "Лань" обеспечивает доступ к научной, учебной литературе и научным периодическим изданиям по максимальному количеству профильных направлений с соблюдением всех авторских и смежных прав.

#### Пакеты программ

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО и учебным планом по направлению 011200.68 "Физика" и магистерской программе Физика конденсированного состояния .

Автор(ы):

Недопекин О.В. \_\_\_\_\_

Лысогорский Ю.В. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.

Рецензент(ы):

Прошин Ю.Н. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.