

Министерство науки и высшего образования РФ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

**Б1.О.14.03 ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ФИЗИКА**

Направление подготовки (специальность) 03.05.02 Фундаментальная и прикладная физика

Профиль подготовки (специализация)

Форма обучения очная

Год набора 2024

Красноярск 2024

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

Программу составили  
доцент, к.ф.-м.н. С.В. Николаев

## 1 Цели и задачи изучения дисциплины

### 1.1 Цель преподавания дисциплины:

- сформировать у студентов представление, первичные знания по основам вычислительной физики как научной и прикладной дисциплины.
- обучить студентов основным численным методам решения классических задач математики и математической физики;
- сформировать умения и навыки выбора эффективных алгоритмов расчета, анализа и интерпретации результатов вычислений;
- подготовить студентов к дальнейшему самообразованию и применению полученных знаний в научно-исследовательской деятельности при решении задач естествознания, с использованием математических методов и компьютерных технологий.

### 1.2 Задачи изучения дисциплины:

В результате изучения дисциплины студент должен приобрести знания, умения и навыки, необходимые для его профессиональной деятельности, в частности:

- сформировать представление о теоретических и практических проблемах вычислительной математики, связанных с необходимостью проведения численных расчетов как средства проверки математических моделей;
- овладеть основными понятиями и методами вычислительной математики;
- овладеть численными методами решения классических задач математической физики, уравнений в частных производных, классическими методами Монте-Карло;
- сформировать навык и умение оценивать погрешность результата численного расчета;
- составлять эффективные и оптимизированные алгоритмы для решения поставленных задач численными методами с использованием изученных языков программирования
- обладать навыками использования специализированных пакетов прикладных программ для графического отображения результатов вычислений;
- использовать полученные знания при проведении научных и прикладных исследований.

1.3 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы высшего образования:

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения по дисциплине
ОПК-6 Способен разрабатывать алгоритмы и компьютерные программы, пригодные для практического применения	
ОПК-6.1 Разрабатывает алгоритмы и компьютерные программы	знать алгоритмы решения классических задач математики и математической физики; уметь программировать численные алгоритмы решения задач математики и математической физики; владеть навыками программирования задач математики и математической физики.

ОПК-6.2 Решает практические задачи с использованием компьютерных программ	<p>знать численные методы решения нестандартных задач математики и математической физики;</p> <p>уметь определять оптимальные алгоритмы и численные методы для решения практических задач;</p> <p>владеть численными методами решения практических задач математики и математической физики.</p>
---	--

Дисциплина реализуется без применения ЭО и ДОТ

## 2 Объем дисциплины (модуля)

Вид учебной работы	Всего, зачетных единиц (акад.час)	Семестр
		5
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b>	2 (72)	2 (72)
<b>Контактная работа с преподавателем:</b>	1,5 (54)	1,5 (54)
занятия лекционного типа	0,5 (18)	0,5 (18)
лабораторные работы	1 (36)	1 (36)
<b>Самостоятельная работа обучающихся</b>	0,5 (18)	0,5 (18)
<b>Вид промежуточной аттестации (Зачет)</b>		Зачёт, КР

### 3 Содержание дисциплины (модуля)

№ п/п	Вид работ	Темы занятия	Объем часов	Семестр /курс	Часы в эл. формате
<b>Раздел 1. Вычислительная физика и природа численного моделирования</b>					
1.	Лек	Введение. Вычислительная физика и природа численного моделирования.	1	5	
2.	Лаб	Введение. Основные требования техники безопасности при работе в компьютерном классе. Требования к студентам, структура курса.	2	5	
3.	Лаб	Работа в пакете MatLab	2	5	
4.	Ср	Выполнение индивидуального задания, курсовой работы, подготовка к лабораторным работам.	2	5	
<b>Раздел 2. Уравнения в частных производных</b>					
1.	Лек	Элементы теории разностных схем	1	5	
2.	Лек	Уравнения параболического типа	4	5	
3.	Лек	Уравнения эллиптического типа	4	5	
4.	Лек	Уравнения гиперболического типа	4	5	
5.	Лаб	Уравнения в частных производных. Уравнения параболического типа: явные разностные схемы, неявные разностные схемы.	4	5	
6.	Лаб	Уравнения в частных производных. Уравнения гиперболического типа: явная схема «Крест», неявная схема.	4	5	
7.	Лаб	Уравнения в частных производных. Уравнения эллиптического типа: итерационные методы, счет на установление, попеременно-треугольная схема.	4	5	
8.	Лаб	Решение уравнений в частных производных в среде MatLab	4	5	
9.	Ср	Выполнение индивидуального задания, курсовой работы, подготовка к лабораторным работам.	8	5	
<b>Раздел 3. Методы Монте-Карло</b>					
1.	Лек	Псевдослучайные числа	1	5	
2.	Лек	Моделирование случайных величин	1	5	
3.	Лек	Вычисление интегралов	2	5	
4.	Лаб	Псевдослучайные числа (линейный конгруэнтный генератор, генератор на базе сдвигового регистра с обратной связью, генератор на методе возмущений, «улучшенный» генератор)	4	5	
5.	Лаб	Критерии случайности (определение длительности периода генератора, проверка корреляций в последовательности чисел, проверка критерия $\chi^2$ , вычисление автокорреляционной функции)	2	5	
6.	Лаб	Неравномерное распределение (метод Метрополиса, обратной функции, фон Неймана)	4	5	
7.	Лаб	Вычисление интеграла методом Монте-Карло (проб и ошибок, выборочного среднего, выборки по значимости)	4	5	
8.	Лаб	Работа с генераторами псевдослучайных чисел и вычисление интегралов в среде MatLab	2	5	
9.	Ср	Выполнение индивидуального задания, курсовой работы, подготовка к лабораторным работам.	8	5	
<b>Раздел 4. Курсовая работа</b>					
1.	КР	Курсовая работа		5	

<b>Раздел 5. Зачёт</b>				
1.	Зачёт	Зачёт		5

## **4 Учебно-методическое обеспечение дисциплины**

### **4.1 Печатные и электронные издания:**

1. Самарский А. А. Введение в численные методы: учебное пособие для вузов. - Санкт-Петербург: Лань, 2005. - 288 с..
2. Бахвалов Н. С., Жидков Н. П., Кобельков Г. М. Численные методы: учебное пособие для студентов физико-математических специальностей вузов. - Москва: БИНОМ, Лаборатория знаний, 2007. - 636 с..
3. Соболев И. М. Численные методы Монте-Карло: - Москва: Наука, Гл. ред. физ.-мат. лит., 1973. - 311 с..
4. Тобочник Я. Компьютерное моделирование в физике: Ч. 1:[В 2-х ч.] : Пер. с англ.. - Москва: Мир, 1990. - 349 с..
5. Тобочник Я. Компьютерное моделирование в физике: Ч. 2:[В 2-х ч.] : Пер. с англ.. - Москва: Мир, 1990. - 399 с..
6. Калиткин Н. Н., Самарский А. А. Численные методы: учеб. пособие для вузов. - Москва: Наука, 1978. - 512 с..
7. Плохотников К. Э. Вычислительные методы. Теория и практика в среде MATLAB: курс лекций. - Москва: Горячая линия-Телеком, 2016. - 496 с..
8. Марчук Г. И. Методы вычислительной математики: учебное пособие. - Москва: Лань, 2009. - 608 с..
9. Боглаев Ю. П. Вычислительная математика и программирование: учебное пособие для технических вузов. - Москва: Высшая школа, 1990. - 544 с..
10. Шевцов Г. С., Крюкова О. Г., Мызникова Б. И. Численные методы линейной алгебры: учеб. пособие для математич. направлений и спец. вузов. - Санкт-Петербург: Лань, 2011. - 495 с..
11. Дьяконов В.П. MATLAB 7.\*/R2006/R2007: Самоучитель [Электронный ресурс]: - Москва: ДМК Пресс, 2009. - 768 с. – Режим доступа: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_cid=25&pl1\\_id=1178](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=1178) .
12. Николаев С. В. Численные методы и математическое моделирование: учеб. - метод. пособие для лабораторного практикума и самостоятельной работы [для студ. напр. 010700.62 "Физика"]. - Красноярск: СФУ, 2012. - 46 с..
13. Николаев С. В., Орлов Ю. С. Численные методы и математическое моделирование [Электронный ресурс]: учебно-методическое пособие. - Красноярск: СФУ, 2019. - 49 с. – Режим доступа: <http://lib3.sfu-kras.ru/ft/LIB2/ELIB/b22/i-865173.pdf> .

### **4.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, в том числе отечественного производства (программное обеспечение, на которое университет имеет лицензию, а также свободно распространяемое программное обеспечение):**

1. MATLAB International Academic Edition. Пакет прикладных программ для решения задач технических вычислений.
2. Python. Высокоуровневый язык программирования общего назначения.
3. Microsoft Visual Studio. Среда разработки программного обеспечения.

### **4.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационные справочные системы:**

1. Мир математических уравнений <http://eqworld.ipmnet.ru>
2. Поисковая машина электронных книг <http://www.poiskknig.ru>
3. Файловый архив для студентов <http://www.studfiles>.
4. Электронно-библиотечная система СФУ <http://bik.sfu-kras.ru/>

## **5 Фонд оценочных средств**

Фонд оценочных средств является приложением к рабочей программе дисциплины (модуля), хранится на кафедре, обеспечивающей преподавание данной дисциплины (модуля).

## **6 Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)**

Компьютерный класс: Компьютеры, проектор

учебная аудитория для проведения лекционных, семинарских и практических занятий: Специализированная мебель, демонстрационное оборудование, АРМ преподавателя, подключение к сети «Интернет» и индивидуальный неограниченный доступ в ЭИОС университета

помещение для самостоятельной работы обучающихся: специализированная мебель, демонстрационное оборудование, АРМ преподавателя, АРМ обучающихся, подключение к сети «Интернет» и индивидуальный неограниченный доступ в ЭИОС университета

Министерство науки и высшего образования РФ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

### **ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**

По дисциплине (модулю)/ практике Б1.О.14.03 Вычислительная физика

Направление подготовки/специальность

03.05.02 Фундаментальная и прикладная физика

Образовательная программа

03.05.02.30 Фундаментальная и прикладная физика

Красноярск 2024

**1. Перечень компетенций с указанием индикаторов их достижения, соотнесенных с результатами обучения по дисциплине (модулю), практики и оценочными средствами**

Семестр <sup>1</sup>	Код и содержание индикатора компетенции	Результаты обучения <sup>2</sup>	Оценочные средства <sup>3</sup>
ОПК-6: Способен разрабатывать алгоритмы и компьютерные программы, пригодные для практического применения			
5	ОПК-6.1: Разрабатывает алгоритмы и компьютерные программы	<b>знать</b> алгоритмы решения классических задач математики и математической физики; <b>уметь</b> программировать численные алгоритмы решения задач математики и математической физики; <b>владеть</b> навыками программирования задач математики и математической физики.	контрольные задания, индивидуальные задания, курсовая работа, контрольные вопросы к зачету
5	ОПК-6.2: Решает практические задачи с использованием компьютерных программ	<b>знать</b> численные методы решения нестандартных задач математики и математической физики; <b>уметь</b> определять оптимальные алгоритмы и численные методы для решения практических задач; <b>владеть</b> численными методами решения практических задач математики и математической физики.	контрольные задания, индивидуальные задания, курсовая работа, контрольные вопросы к зачету

<sup>1</sup> Семестры указываются по порядку, для каждого индикатора

<sup>2</sup> Указываются результаты обучения по дисциплине (модулю), практике, соотнесенные с индикатором достижения компетенции.

<sup>3</sup> Указываются оценочные средства для каждого индикатора.

**2. Типовые оценочные средства или иные материалы, с описанием шкал оценивания и методическими материалами, определяющими процедуру проведения и оценивания достижения результатов обучения**

**Контрольные задания**

**Тема: Уравнения в частных производных**

**Задание 1**

Методом конечных разностей найти численное решение задачи вида

$$u_t = a^2(x,t)u_{xx} + f(x,t), \quad x \in (0,1), \quad t \in (0,T)$$

$$\alpha_1 u(0,t) + \beta_1 u_x(0,t) = A(t)$$

$$\alpha_2 u(1,t) + \beta_2 u_x(1,t) = B(t)$$

$$u(x,0) = \varphi(x)$$

по схеме (чисто явная схема, схема бегущего счёта, чисто неявная схема, схема Кранка-Николсона, схема переменных направлений).

Найти решение с точностью до 0.0001 на отрезке времени  $T = 1/a^*$ , где  $a^* = \max_{x,t} a(x,t)$ . При использовании явной схемы предварительно определить условие ее устойчивости. Построить графики функций  $u(x^*, t)$ ,  $u(x, jt^*)$ , где  $x^* = 0.6$ ,  $t^* = T/10$ ,  $j = 1, 2, 4$ . Проверить правильность работы программы на тестовом примере. Сравнить с результатом решения в пакете MatLab.

**Задание 2**

Методом конечных разностей найти численное решение задачи вида

$$u_{tt} = a^2(x,t)u_{xx} + f(x,t), \quad x \in (0,1), \quad t \in (0,T)$$

$$\alpha_1 u(0,t) + \beta_1 u_x(0,t) = A(t)$$

$$\alpha_2 u(1,t) + \beta_2 u_x(1,t) = B(t)$$

$$u(x,0) = \varphi(x); \quad u_t(x,0) = \psi(x)$$

по явной (неявной) схеме.

Найти решение с точностью до 0.0001 на отрезке времени  $T = 2/a^*$ , где  $a^* = \max_{x,t} a(x,t)$ . При использовании явной схемы предварительно определить условие ее устойчивости. Построить графики функций  $u(x^*, t)$ ,  $u(x, jt^*)$ , где  $x^* = 0.6$ ,  $t^* = T/4$ ,  $j = 1, 2, 3$ . Проверить правильность работы программы на тестовом примере. Сравнить с результатом решения в пакете MatLab.

**Задание 3**

Методом конечных разностей найти численное решение задачи вида

$$\begin{aligned}
 u_{xx} + u_{yy} &= 0, & x \in (0, a), & y \in (0, b) \\
 u(0, y) &= \varphi_1(y), & u(a, y) &= \varphi_2(y), \\
 u(x, 0) &= \varphi_3(x), & u(x, b) &= \varphi_4(x),
 \end{aligned}$$

по схеме (метод Якоби (простой итерации), метод Либмана, метод верхней релаксации, метод линейной релаксации, метод блочной релаксации, продольно-поперечная схема, локально-одномерная схема, попеременно-треугольная схема).

Найти решение с точностью до 0.001 в квадрате ( $a=1$ ,  $b=1$ ). Предварительно определить условие устойчивости схемы. Построить графики функций  $u(x^*, y)$ ,  $u(x, j y^*)$ , где  $x^* = 0.6$ ,  $y^* = b/4$ ,  $j=1, 2, 3$ . Проверить правильность работы программы на тестовом примере. Сравнить с результатом решения в пакете MatLab.

## Тема: Методы Монте-Карло

### Задание 4

Построить генератор псевдослучайных чисел (1 - генератор по методу середины квадрата, 2 - линейный конгруэнтный генератор, 3 - генератор на базе сдвигового регистра с обратной связью, 4 - генератор по методу возмущений, 5 - «улучшенный» генератор) и проверить статистические критерии случайности (1 - определение периода и отрезка апериодичности генератора, 2 - метод куба, 3 - проверка критерия  $\chi^2$ , 4 - проверка частот, пар и серий, 5 - вычисление автокорреляционной функции, 6 - проверка критерия  $\omega^2$ ).

### Задание 5

Используя встроенный генератор псевдослучайных чисел, написать программу, которая будет генерировать неравномерное распределение. Использовать метод (Метрополиса, обратной функции, фон Неймана).

### Задание 6

Вычислить интеграл методом Монте-Карло (проб и ошибок (геометрический), выборочного среднего, выборки по значимости, выборки по группам). Сравнить с результатом решения в пакете MatLab.

Полный перечень контрольных (практических) заданий представлен в следующих учебно-методических пособиях:

1. Численные методы и математическое моделирование: учебно-методическое пособие для лабораторного практикума и самостоятельной работы / сост. С.В. Николаев. – Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2012.

2. Численные методы и математическое моделирование: учебно-методическое пособие / сост. С.В. Николаев, Ю.С. Орлов. – Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2019.

### **Методические указания по выполнению контрольных заданий**

Лабораторные занятия по дисциплине «Вычислительная физика» проходят в компьютерных классах. Каждое лабораторное занятие можно разделить на две части: 1) написание программ на языках программирования высокого уровня (Си, Паскаль, Фортран, Питон) и 2) демонстрация и защита подготовленной программы. На занятии рекомендуется иметь при себе черновую тетрадь для составления алгоритмов и проведения аналитических расчётов.

На каждом занятии студентам раздаются задания по соответствующим темам лекционного курса. Всего предлагается 6 заданий. Чтобы не накапливались долги, существует правило – больше 2 новых заданий не выдавать. То есть на руках у студента должно быть не более 2 незащищенных заданий. Также учебной программой предусмотрено выполнение курсовой работы, тема которой определяется преподавателем на первом занятии.

Перед выполнением практического (контрольного) задания необходимо актуализировать теоретические знания по данной теме. Для этого можно воспользоваться лекциями, учебной литературой или ресурсами сети Интернет.

В процессе написания программы необходимо придерживаться следующих рекомендаций: максимально использовать возможности выбранного языка программирования, выделять части основной программы в отдельные функции и/или подпрограммы, элементы программы сопровождать комментариями, использовать стандартную программную нотацию. Также студентам предлагается провести обработку и/или проверку результатов расчёта в пакете MatLab, используя стандартные встроенные функции.

Для успешной защиты программы необходимо удовлетворить следующим критериям: программа должна быть работоспособной (проверена на тестовом примере и в пакете MatLab), соответствовать рекомендациям по написанию программ, студент должен легко ориентироваться в программном коде и уметь сопоставить каждый этап вычисления с соответствующим разделом теории.

### **Критерии оценки выполнения контрольных заданий**

Оценка «зачтено» выставляется студенту, если он написал компьютерную программу, самостоятельно протестировал её, показал работоспособность программного кода, вывел результат расчёта на экран или в файл, показал владение предложенным численным методом расчёта и смог полно-

стью или частично сопоставить каждый этап вычисления с соответствующим разделом теории.

Оценка «не зачтено» выставляется студенту, который не смог написать компьютерную программу и/или показал неудовлетворительное владение численным методом расчёта.

## Индивидуальные задания

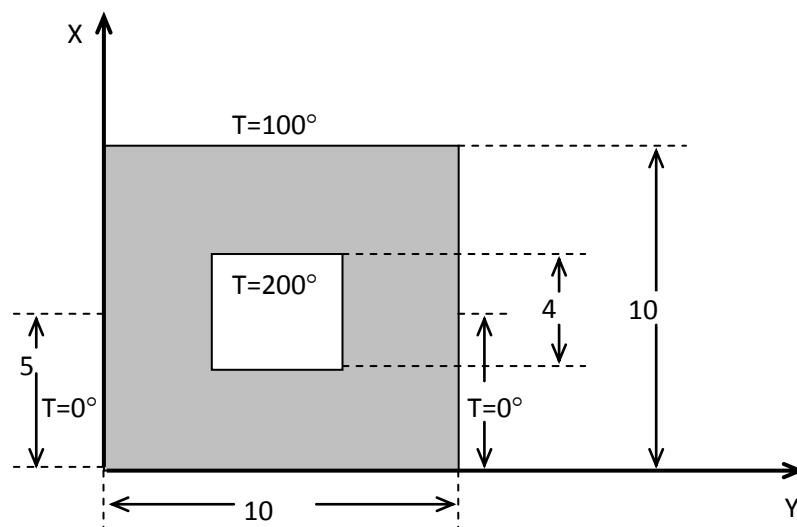
### Тема: Уравнения в частных производных

#### Задание 1

По квадратной трубе с квадратным отверстием течёт горячая жидкость. Труба наполовину погружена в ледяную ванну, так что температура нижней половины поверхности трубы равна  $0^{\circ}\text{C}$ . Верхняя плоскость трубы находится при постоянной температуре  $100^{\circ}\text{C}$ . Предположим, что температура наружной поверхности трубы линейно изменяется от  $0^{\circ}\text{C}$  до  $100^{\circ}\text{C}$  на участке между ледяной ванной и верхней плоскостью трубы. Жидкость внутри имеет температуру  $200^{\circ}\text{C}$ . Наружный размер трубы 10 см, внутренний размер равен 4 см. Поперечное сечение трубы изображено на рисунке. Считаем, что жидкость течёт в течение достаточно долгого времени, все переходные процессы закончились, тепловой режим трубы стал стационарным. Распределение температуры в сечении трубы описывается уравнением

$$U_{XX} + U_{YY} = 0$$

с граничными условиями, указанными выше. Не учитывая понижение температуры жидкости вдоль оси трубы, определить распределение температуры в поперечном сечении трубы. Задачу решить методом Либмана с точностью  $10^{-3}$ . Наружный размер трубы разбить на 60 интервалов. Для значений  $X \cong 2$  см и  $X \cong 8$  см распределение температуры изобразить графически. На печать вывести значение температуры лишь каждого пятого слоя (по осям  $X$  и  $Y$ ).



## Задание 2

В неограниченной пластине толщиной  $l$  распределён источник теплоты, имеющий объёмную плотность  $q_v(x)$ . Поверхность пластины  $x=0$  теплоизолирована, а на поверхности  $x=l$  происходит теплообмен со средой по закону Ньютона. Начальное распределение температуры равномерное, и эта температура отлична от температуры среды. При такой постановке задачи уравнение теплопроводности и краевые условия имеют вид

$$\frac{\partial u}{\partial t} = a \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{q_v(x)}{c\rho}, \quad (1)$$

$$\left. \frac{\partial u}{\partial x} \right|_{x=0} = 0, \quad \left[ \lambda \frac{\partial u}{\partial x} + \alpha u \right]_{x=l} = 0, \quad u|_{t=0} = u_0, \quad (2)$$

здесь  $u = T - T_c$  - перегрев над температурой среды. Аналитическое решение задачи имеет вид

$$u(x, t) = \sum_{n=1}^{\infty} \left\{ \frac{u_0 l \sin \mu_n}{\mu_n} \cdot \exp(-\mu_n^2 \cdot F_0) + \frac{W_n \cdot l^2}{\lambda \cdot \mu_n^2} \cdot [1 - \exp(-\mu_n^2 \cdot F_0)] \right\} \cdot \frac{2(B^2 + \mu_n^2)}{l \cdot (B^2 + \mu_n^2 + B)} \cdot \cos\left(\frac{\mu_n x}{l}\right). \quad (3)$$

Здесь  $F_0 = \frac{a \cdot t}{l^2}$  - число Фурье;  $B = \frac{\alpha \cdot l}{\lambda}$  - критерий Био;  $W_n = \int_0^l q_v(x) f_n(x) dx$  - изображение функции  $q_v(x)$ ;  $f_n(x) = \cos\left(\frac{\mu_n x}{l}\right)$  - собственные функции задачи Штурма-Лиувилля;  $\mu_n$  - собственные числа краевой задачи, являющиеся положительными корнями трансцендентного уравнения

$$\operatorname{ctg}(\mu) = \mu/B. \quad (4)$$

Определить численно: 1) решение краевой задачи (1)-(2) по формуле (3) в точках  $x_i$  ( $i = 1, 2, \dots, I$ ;  $I = 11$ ) в моменты времени  $t_j$  ( $j = 1, 2, \dots, J$ ) для  $N=10$  ( $N$  - число учитываемых членов ряда в формуле (3)). Для этого предварительно нужно вычислить  $N$  значений  $\mu_n$  из (4) и  $W_n$  по формуле трапеций. Точность вычислений  $\varepsilon = 10^{-4}$ . Корни уравнения (4) искать методом бисекций. 2) решение КЗ по чисто явной схеме. Шаг по времени  $\tau$  выбрать из условия устойчивости явной схемы. Этим самым определится число  $J$ . Положить:  $0 \leq t \leq 0.1$  сек.;  $\frac{q_v(x)}{c\rho} = q_0 \exp\left(-\frac{3x}{l^2}\right)$ ;  $q_0 = 10^6$  Дж / (м<sup>3</sup> · с);  $l = 0.01$  м;  $\lambda = 78.2$  Вт / (м · град);  $u_0 = 10^\circ$ ;  $\alpha = 0.5 \cdot 10^4$  Вт / (м<sup>2</sup> · с);  $a = 2.179 \cdot 10^{-5}$  м<sup>2</sup> / с. Сравнить решения, напечатав таблицу.

Полный перечень индивидуальных заданий представлен в следующих учебно-методических пособиях:

1. Численные методы и математическое моделирование: учебно-методическое пособие для лабораторного практикума и самостоятельной работы / сост. С.В. Николаев. – Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2012.
2. Численные методы и математическое моделирование: учебно-методическое пособие / сост. С.В. Николаев, Ю.С. Орлов. – Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2019.

### **Методические рекомендации по выполнению индивидуального задания**

На первом занятии каждому студенту дополнительно раздается индивидуальное задание, которое должно быть выполнено в течение семестра. В данном задании предлагается решить сложную физическую задачу, используя соответствующий численный метод.

Перед выполнением задания необходимо актуализировать теоретические знания по данной теме. Для этого можно воспользоваться лекциями, учебной литературой или ресурсами сети Интернет. Также студентам предлагается провести обработку и/или проверку результатов расчёта в пакете MatLab, используя стандартные встроенные функции. При выполнении индивидуального задания необходимо дополнительно прочитать соответствующие разделы по физике.

### **Критерии оценки выполнения индивидуальных заданий**

Оценка «**зачтено**» выставляется студенту, если он написал компьютерную программу, самостоятельно протестировал её, показал работоспособность программного кода, вывел результат расчёта на экран или в файл, показал владение предложенным численным методом расчёта, а также знания физического процесса или явления, описываемого в индивидуальном задании, и смог интерпретировать численный результат с физической точки зрения.

Оценка «**не зачтено**» выставляется студенту, который не смог написать компьютерную программу и/или показал неудовлетворительное владение численным методом расчёта, а также не смог провести анализ физического процесса или явления, описываемого в индивидуальном задании.

### **Темы для курсовой работы**

1. Решение уравнения параболического типа методом конечных разностей.
2. Решение уравнения гиперболического типа методом конечных разностей.
3. Решение уравнения эллиптического типа методом конечных разностей.

4. Генератор псевдослучайных чисел.
5. Критерии случайности для генератора псевдослучайных чисел.
6. Генератор неравномерного распределения случайных величин.
7. Вычисление интеграла методом Монте-Карло.

### **Методические рекомендации по выполнению курсовой работы**

Также учебной программой предусмотрено выполнение курсовой работы, тема которой определяется преподавателем на первом занятии.

В процессе написания программы необходимо придерживаться следующих рекомендаций: максимально использовать возможности выбранного языка программирования, выделять части основной программы в отдельные функции и/или подпрограммы, элементы программы сопровождать комментариями, использовать стандартную программную нотацию.

Для успешной защиты программы необходимо удовлетворить следующим критериям: программа должна быть работоспособной (проверена на тестовом примере и в пакете MatLab), соответствовать рекомендациям по написанию программ, студент должен легко ориентироваться в программном коде и уметь сопоставить каждый этап вычисления с соответствующим разделом теории.

### **Критерии оценки курсовой работы**

Оценка «**отлично**» выставляется студенту, если он написал компьютерную программу, самостоятельно протестировал её, показал работоспособность программного кода, вывел результат расчёта в файл и построил соответствующий график, показал свободное владение численным методом расчёта и провел анализ результатов расчёта.

Оценка «**хорошо**» выставляется студенту, если он написал компьютерную программу, показал работоспособность программного кода, вывел результат расчёта на экран или в файл, построил соответствующий график и показал хорошее владение численным методом расчёта.

Оценка «**удовлетворительно**» выставляется студенту, если он написал компьютерную программу, показал работоспособность программного кода, вывел результат расчёта на экран и показал удовлетворительное владение численным методом расчёта.

Оценка «**неудовлетворительно**» выставляется студенту, который не смог написать компьютерную программу и/или показал неудовлетворительное владение численным методом расчёта.

### **Контрольные вопросы к зачёту**

1. Элементы теории разностных схем (основные определения и примеры).

2. Определение порядка аппроксимации и способы уменьшения невязки.
3. Уравнения параболического типа. Явные разностные схемы.
4. Уравнения параболического типа. Неявные разностные схемы.
5. Консервативно-разностная схема для уравнения теплопроводности.
6. Продольно-поперечная схема (схема переменных направлений).
7. Локально-одномерный метод.
8. Уравнения эллиптического типа. Итерационные методы.
9. Счет на установление (продольно-поперечная схема).
10. Счет на установление (локально-одномерная схема).
11. Уравнения эллиптического типа. Попеременно-треугольная схема.
12. Уравнения гиперболического типа. Явная схема «Крест».
13. Уравнения гиперболического типа. Неявная схема.
14. Уравнения гиперболического типа. Факторизованные схемы.
15. Псевдослучайные числа и алгоритмы их получения.
16. Статистические критерии случайности (период и отрезок апериодичности генератора, метод куба).
17. Статистические критерии случайности (критерий  $\chi^2$ , проверка частот, пар и серий).
18. Статистические критерии случайности (критерий  $\omega^2$ ).
19. Моделирование случайных величин. Метод обратных функций.
20. Моделирование многомерных случайных величин.
21. Моделирование случайных величин. Метод отбора (метод Неймана).
22. Моделирование случайных величин. Метод Метрополиса.
23. Оценка погрешности методов Монте-Карло при вычислении интегралов.
24. Простейшие методы Монте-Карло для вычисления интегралов (метод «проб и ошибок», метод выборочного среднего).
25. Вычисление интегралов. Метод выборки по значимости.
26. Вычисление интегралов. Метод выборки по группам.

## **Методические рекомендации по проведению зачета**

### **Рейтинг-план дисциплины**

Соотношение видов учебной деятельности студента, учитываемых в рейтинге:

1. Посещение лекционных и лабораторных занятий - 10%
2. Выполнение контрольных и индивидуальных заданий - 70%
3. Курсовая работа - 20%

Пороговая оценка видов контролируемой учебной деятельности студента, учитываемые в рейтинге:

1. Посещение лекционных и лабораторных занятий - 50% от всех занятий в семестре.
2. Выполнение контрольных и индивидуальных заданий - 90% от всех заданий в семестре.
3. Курсовая работа - «удовлетворительно».

Студенты, которые не смогли преодолеть пороговое значение оценки для каждого вида контролируемой учебной деятельности с учётом соответствующего веса, к зачёту не допускаются до тех пор, пока не будет достигнуто пороговое значение оценки выполнения контрольных заданий и курсовой работы.

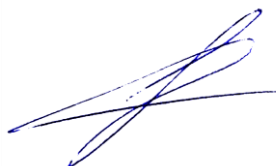
Форма проведения зачета – устная, по билетам, которые содержат 2 теоретических вопроса.

### **Критерии оценки зачёта**

Оценка «**зачтено**» выставляется обучающемуся, если в ответе верно изложено не менее 50% материала и не допущено существенных неточностей.

Оценка «**не зачтено**» выставляется обучающемуся, который не знает значительной части (более 50%) программного материала и допускает существенные ошибки.

Разработчик



С.В. Николаев