



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«ИРКУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
ФГБОУ ВПО «ИГУ»

Кафедра общей и космической физики



УТВЕРЖДАЮ

2013 г.

Рабочая программа дисциплины (модуля)

Код дисциплины Б2.Б.2.3

Наименование дисциплины (модуля) Численные методы и математическое моделирование (модуль информатика)

Рекомендуется для направления (ий) подготовки специальности (ей)  
011200.62 – физика, профили «Солнечно-земная физика», «Медицинская физика», «Физика конденсированного состояния», «Фундаментальная физика»

Степень (квалификация) выпускника бакалавр

Согласовано с УМК факультета (института)

Протокол № 30 от «12» 12 2013 г.

Председатель [Signature]

Рекомендовано кафедрой:

общей и космической физики

Протокол № 3

От «15» 11 2013 г.

Зав.кафедрой д.ф.-м.н., профессор

В.Л. Паперный [Signature]

Иркутск 2013 г.

## Содержание

<b>1. Цели и задачи дисциплины (модуля)</b> .....	3
<b>2. Место дисциплины (модуля) в структуре ООП</b> .....	3
<b>3. Требования к результатам освоения дисциплины (модуля)</b> .....	3
<b>4. Объем дисциплины (модуля) и виды учебной работы</b> .....	4
<b>5. Содержание дисциплины (модуля)</b> .....	5
5.1. Содержание разделов и тем дисциплины (модуля) .....	5
5.2. Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами..	6
5.3. Разделы и темы дисциплин (модулей) и виды занятий .....	6
<b>6. Перечень семинарских, практических занятий и лабораторных работ</b> .....	8
<b>7. Примерная тематика курсовых работ (проектов) (при наличии)</b> .....	8
<b>8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)</b> .....	8
а) <i>основная литература</i> .....	8
б) <i>дополнительная литература</i> .....	9
в) <i>программное обеспечение</i> .....	9
г) <i>базы данных, информационно-справочные и поисковые системы</i> .....	9
<b>9. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)</b> .....	9
<b>10. Образовательные технологии</b> .....	9
<b>11. Оценочные средства (ОС)</b> .....	10

## 1. Цели и задачи дисциплины (модуля)

**Цель курса** – дать студентам представление о современных методах обработки информации и исследования явлений путем их численного моделирования на компьютерах, способствовать развитию их интеллектуальных, творческих способностей и критического мышления в ходе проведения исследований, анализа явлений, восприятия и интерпретации информации.

Для достижения данной цели были поставлены **задачи**:

- освоить приемы и методы программирования;
- изучить основы построения численной модели физического явления;
- освоить численные методы и основы математического моделирования.

## 2. Место дисциплины (модуля) в структуре ООП

Курс численные методы и математическое моделирование модуля «информатика» относится к базовой части математического и естественнонаучного цикла дисциплин. Данная дисциплина предназначена для студентов второго курса.

При изучении данного курса используются разделы и темы следующих дисциплин:

- основы физики (механика, молекулярная физика и термодинамика, электродинамика, атомная и ядерная физика);
- высшая математика (математический анализ, аналитическая геометрия, дифференциальное и интегральное исчисление, элементы вычислительной математики, теория вероятностей и математическая статистика)

## 3. Требования к результатам освоения дисциплины (модуля):

После изучения курса «Численные методы и математическое моделирование», согласно положениям федерального государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования при подготовке бакалавра по направлению 011200 Физика, студент должен обладать следующими профессиональными компетенциями (ПК) и общекультурными компетенциями (ОК):

- способностью использовать базовые теоретические знания для решения профессиональных задач (ПК-1);
- способностью применять на практике базовые профессиональные навыки (ПК-2);
- способностью овладеть основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации, иметь навыки работы с компьютером как средством управления информацией (ОК-12);
- способностью использовать в познавательной и профессиональной деятельности навыки работы с информацией из различных источников (ОК-16);

- способностью использовать в познавательной и профессиональной деятельности базовые знания в области информатики и современных информационных технологий, навыки использования программных средств и навыков в компьютерных сетях; умением создавать базы данных и использовать ресурсы Интернет (ОК-17);
- способностью использовать нормативные правовые документы в своей деятельности (ОК-20);
- способностью понимать сущность и значение информации в развитии современного информационного общества, сознавать опасности и угрозы, возникающие в этом процессе, соблюдать основные требования информационной безопасности, в том числе защиты государственной тайны (ОК-21).

Рабочая программа по курсу «Численные методы и математическое моделирование» включает в себя дидактические единицы, рекомендуемые в федеральном государственном образовательном стандарте высшего профессионального образования при подготовке бакалавров по направлению 011200 Физика.

В результате изучения базовой части цикла Б.2 (математический и естественнонаучный цикл) студент должен знать основные положения теории информации, принципов построения систем обработки и передачи информации, основы подхода к анализу информационных процессов, современные аппаратные и программные средства вычислительной техники, принципы организации информационных систем, современные информационные технологии; уметь использовать математический аппарат для освоения теоретических основ и практического использования физических методов; использовать информационные технологии для решения физических задач; владеть навыками использования математического аппарата для решения физических задач; навыками использования информационных технологий для решения физических задач.

#### 4. Объем дисциплины (модуля) и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов / зачетных единиц	Семестры			
		3			
<b>Аудиторные занятия (всего)</b>	56	56			
В том числе:				-	-
Лекции	18	18			
Практические занятия (ПЗ)					
Семинары (С)					
Лабораторные работы (ЛР)	36	36			
КСР	2	2			

<b>Самостоятельная работа (всего)</b>	16	16			
В том числе:				-	-
Курсовой проект (работа)					
Расчетно-графические работы					
Реферат (при наличии)					
<i>Другие виды самостоятельной работы</i>					
Вид промежуточной аттестации ( <u>зачет</u> , экзамен)					
Общая трудоемкость	часы	72	72		
	зачетные единицы	2	2		

## 5. Содержание дисциплины (модуля)

### 5.1. Содержание разделов и тем дисциплины (модуля)

#### Раздел 1. Введение в численные методы.

##### Тема 1. Понятие численных методов.

Суть возникающих проблем. Влияние погрешности компьютерных вычислений. Пример - "исчезновение" корней и "ложные" корни алгебраических уравнений. Отличие численных алгоритмов от аналитических.

##### Тема 2. Визуализация данных.

Способы отображения вычисленных данных. Использование специализированных средств. Среда Gnuplot. Основные команды, примеры построения графиков функций. Простейшие скрипты среды Gnuplot. Сохранение построенных графиков в файл.

##### Тема 3. Численное решение нелинейных алгебраических уравнений.

Методы касательной, секущей, бисекции. Понятие расходимости алгоритма. Понятие скорости сходимости. Локализация корней.

##### Тема 4. Решение систем линейных уравнений.

Матричный метод (обратной матрицы), метод Крамера, метод Гаусса-Жордана. Реализация методов. Сравнение методов по количеству операций и характеру накопления ошибок. Алгоритмы для случаев диагональных матриц.

##### Тема 5. Численное дифференцирование и интегрирование.

Основная формула дифференциального исчисления. Дифференцирование функций, заданных аналитически. Выбор величины приращения. Дифференцирование дискретно заданных функций. Понятие разделенной разности. Понятие сетки. Численное интегрирование в случае равномерной сетки. Метод прямоугольников и метод Симпсона. Интегрирование функции, заданной на неравномерной сетке. Интегрирование функций, имеющих особую точку.

##### Тема 6. Интерполяция. Аппроксимация. Экстраполяция.

Основные понятия. Линейная и полиномиальная интерполяция. Интерполяционный многочлен Лагранжа, плюсы и минусы. Кусочная интерполяция. Аппроксимация заданными функциями. Метод наименьших квадратов.

#### Раздел 2. Сплайны.

##### Тема 7. Основные понятия сплайн-функций.

Интерполяционные и аппроксимирующие сплайны. Сглаживающие и локальные сплайны. Представление через В-сплайны. "Сшивка" сплайнов. Понятие дефекта сплайна. Особенности сплайнов на равномерной и неравномерной сетках. Понятие узла сплайна и узла интерполяции.

##### Тема 8. Локальные В-сплайны.

Основные формулы. Подпрограммы вычисления коэффициентов и значений сплайна. Интегрирование и дифференцирование функций, заданных сплайном. Решение уравнений.

#### **Тема 9. Интерполяционные кубические сплайны.**

Сходимость сплайнов четной и нечетной степеней. Особенности использования на равномерной и неравномерной сетках. Основные формулы. Применение метода универсальной прогонки 3-диагональных матриц для нахождения коэффициентов сплайна.

#### **Тема 10. Сплайны с дефектом, отличным от 1.**

Смысл использования. Алгоритмы построения кубического сплайна дефекта 2 и сплайна 5-степени дефекта 3.

#### **Тема 11. Приближение кривых.**

Проблема замкнутых линий. Использование полярной системы координат. Параметрические сплайны. Кривые Безье. Сплайн Акимы.

### **Раздел 3 . Численные методы решений обыкновенных дифференциальных уравнений.**

#### **Тема 12. Методы решение уравнений с начальными условиями (задача Коши).**

Метод Эйлера. Методы Рунге-Кутты. Решение систем обыкновенных дифференциальных уравнений первого порядка. Решение обыкновенных дифференциальных уравнений второго и более высоких порядков.

#### **Тема 13. Методы решения уравнений с граничными условиями (краевая задача).**

Метод «стрельбы» решения обыкновенного дифференциального уравнения второго порядка с граничными условиями. Конечно-разностный метод решения краевой задачи.

### **5.2 Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами**

№ п/п	Наименование обеспечиваемых (последующих) дисциплин	№ № разделов и тем данной дисциплины, необходимых для изучения обеспечиваемых (последующих) дисциплин (вписываются разработчиком)
1.	Основы сетевых технологий	Раздел 1, раздел 2
2.	Базы данных	Раздел 1, раздел 2
3.	Методы обработки сигналов и изображений	Раздел 1, раздел 2
4.	Управление внешними устройствами	Раздел 1, раздел 2

### **5.3. Разделы и темы дисциплин (модулей) и виды занятий**

№ п/п	Наименование раздела	Наименование темы	Виды занятий в часах					Всего
			Лекц.	Практ. зан.	Семин	Лаб. зан.	СРС	
1.	Введение в численные методы.	Понятие численных методов.	2					2
2.	Введение в численные методы.	Визуализация данных.	1			2	2	5
3.	Введение в численные методы.	Численное решение нелинейных	2			2	2	6

		алгебраических уравнений.						
4.	Введение в численные методы.	Решение систем линейных уравнений.	2			4	1	7
5.	Введение в численные методы.	Численное дифференцирование и интегрирование.	1			4	1	6
7.	Введение в численные методы.	Интерполяция. Аппроксимация. Экстраполяция.	1			4	1	6
8	Сплайны.	Основные понятия сплайн-функций.	1			2	1	4
9	Сплайны.	Локальные B-сплайны.	1			4	1	6
10	Сплайны.	Интерполяционные кубические сплайны.	1			2	1	4
11	Сплайны.	Сплайны с дефектом, отличным от 1.	1			2	1	4
12	Сплайны.	Приближение кривых.	1			2	1	4
13.	Численные методы решений обыкновенных дифференциальных уравнений	Методы решения уравнений с начальными условиями (задача Коши)	2			4	2	8
14.	Численные методы решений обыкновенных дифференциальных уравнений	Методы решения уравнений с граничными условиями (краевая задача).	2			4	2	8

## 6. Перечень семинарских, практических занятий и лабораторных работ

№ п/п	№ раздела и темы дисциплины (модуля)	Наименование семинаров, практических и лабораторных работ	Трудоемкость (часы)	Оценочные средства	Формируемые компетенции
1	2	3	4	5	6
1.	1	Визуализация данных.	4	практ. и твор. задания, собес.	ПК-1 ПК-2 ОК-12 ОК-16 ОК-17 ОК-20 ОК-21
2.	1	Численное решение нелинейных алгебраических уравнений.	4	практ. и твор. задания, собес.	
3.	1	Решение систем линейных уравнений.	4	практ. и твор. задания, собес.	
4.	1	Численное дифференцирование и интегрирование	4	практ. и твор. задания, собес.	
5.	1	Интерполяция. Аппроксимация. Экстраполяция.	4	практ. и твор. задания, собес.	
6.	2	Основные понятия сплайн-функций.	4	практ. и твор. задания, собес.	
7.	2	Локальные В-сплайны.	4	практ. и твор. задания, собес.	
8.	2	Интерполяционные кубические сплайны.	4	практ. и твор. задания, собес.	
9.	2	Сплайны с дефектом, отличным от 1.	4	практ. и твор. задания, собес.	
10.	2	Приближение кривых.	4	практ. и твор. задания, собес.	
11.	3	Методы решение уравнений с начальными условиями (задача Коши)	4	практ. и твор. задания, собес.	
12.	3	Методы решения уравнений с граничными условиями (краевая задача).	4	практ. и твор. задания, собес.	

## 7. Примерная тематика курсовых работ (проектов) (при наличии)

Курсовые работы не предусмотрены.

## 8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля):

### а) основная литература

1. Б.В.Керниган, Д.М.Ричи. Язык программирования С., М., Вильямс, 2009 г., с. 292.
2. Красов, В.И. Компьютерные технологии в физике. Часть 1. Компьютерное моделирование физических процессов: Учеб. пособие / В.И.Красов, И.А.Кринберг, В.Л.Паперный. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – Иркутск: ИГУ, 2007. – 126 с: ил. ; 20x15 см. - Библиогр.: с. 126. – 150 экз. – ISBN 978-59624-0148-5.
3. Иванов В.Б. . Компьютерное моделирование и программирование. Часть 1. Основы компьютерного моделирования. Изд. Иркутского университета. 2003. 60 экз.
4. Иванов В.Б. Компьютерное моделирование и программирование. Часть 3. Инструментальные средства моделирования. Изд. Иркутского университета. 2003. 60 экз.
5. Н.С.Бахвалов, Н.П.Жидков, Г.М.Кобельков. Численные методы..



6. В.М.Вержбицкий. Численные методы. М. Высшая школа. 2000.

б) *дополнительная литература*

7. Аладьев, В.З. Основы информатики: учебное пособие / В.З. Аладьев, Ю.Я. Хунт, М.Л. Шишаков. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: ИИД ФилинЪ, 1999. – 545 с. - ISBN 5-89568-131-X

8. Surhone, Lambert M. Modellus / Lambert M Surhone, Mariam T Tennoe, Susan F Henssonow. – М: Книга по Требованию, 2011. – 92 с. - ISBN: 978-6-1345-3494-9.

в) *программное обеспечение*

На каждом компьютере установлены следующие программные пакеты: Borland Delphi, C++Builder, Borland C++, Mathematica, Modellus, MathLab, PCAD. Имеются списки заданий и методическое руководство в электронном и печатном виде..

г) *базы данных, информационно-справочные и поисковые системы*

- На сайте научной библиотеки ИГУ, <http://library.isu.ru/ru>, есть доступ к электронно-библиотечной системе (ЭБС) «Библиотех».
- Страница кафедры [http://www.physdep.isu.ru/kaf/kos\\_phis.htm](http://www.physdep.isu.ru/kaf/kos_phis.htm): выложены задания по информатике, методические описания.
- На сайте федерального Интернет-экзамена в сфере профессионального образования (ФЭПО), <http://www.fepo.ru/>, студенты проходят тестирование, направленное на проверку выполнения требований Государственных образовательных стандартов.
- Справочник «Основы Delphi» <http://delphibasics.ru/>.
- Мастера DELPHI <http://www.delphimaster.ru/>.
- КОРОЛЕВСТВО Дельфи | Виртуальный клуб программистов <http://delphikingdom.com/>.
- Сайты пакетов программирования, используемых на практических занятиях (<http://modellus.fct.unl.pt/>, <http://www.wolfram.com/>)

**9. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля):**

Практикум по данному курсу проводится в специально подготовленных дисплейных классах, в которых на каждом компьютере установлены соответствующие программные пакеты.

**10. Образовательные технологии:**

Изучение курса «Численные методы и математическое моделирование» идет в плане накопительной системы, т.е. содержательная часть каждого раздела, как правило, завершается тестовым контролем оценки знаний. Студент в течение каждого семестра должен выполнить определённое количество практических заданий. Контроль самостоятельной работы осуществляется при проверке созданной студентом компьютерной программы или модели из списка *семестровых заданий* (СЗ) по теме соответствующего раздела. Преподаватель оценивает работоспособность программы, её завершённость, гибкость, универсальность и рациональность. В зависимости от степени успеваемости студента и недочетов программы, даётся дополнительное задание. Итоговый контроль: зачёт.

## 11. Оценочные средства (ОС):

### 11.1. Оценочные средства для входного контроля

Входной контроль не осуществляется.

### 11.2. Оценочные средства текущего контроля

Каждое задание предполагает написание студентом программы в среде Geany на заданную тему, отладка и защита ее. При необходимости провести исследование полученной модели путем изменения параметров задачи. За выполнение задания студент получает определенное количество баллов. Однотипные задания собраны в разделы. Для получения зачета в семестре необходимо набрать 20 баллов, выполнив хотя бы по одному заданию из каждого раздела. Текст заданий приведен ниже.

#### I. Введение в методы вычислительной математики

1. Найти корень уравнения  $\sin(x)=0.5$  на интервале от 0 до 1 с относительной ошибкой, не превышающей 1%. Решение получить двумя способами: 1 - использовать метод половинного деления; 2 – использовать метод хорд. Убедиться в том, что для оптимально написанных программ метод хорд более эффективен по быстродействию. Подтверждением этому должен служить тот факт, что для достижения одинаковой точности во втором методе требуется меньшее число обращений к функции (в данном случае к функции  $\sin(x)$ ).
2. Методом трапеций и методом Симпсона вычислить с заданной точностью определенный интеграл:

$$\int_0^1 \sin(x) dx.$$

Убедиться в том, что метод Симпсона дает более точное значение интеграла по сравнению с методом трапеций при одинаковом числе разбиений интервала интегрирования.

3. Решить дифференциальное уравнение  $y'=y$  на интервале от 0 до 2 с начальным условием  $y(0)=1$  методом Эйлера и по неявной схеме. Сравнить оба численных решения с точным  $y=e^x$  путем построения графиков решений. Предусмотреть возможность изменения величины шага интегрирования, и убедиться в том, что с уменьшением шага точность улучшается.
4. Методом Рунге-Кутты четвертого порядка решить дифференциальное уравнение:

$$\frac{dy}{dx} = xy$$

с начальным условием  $y(0)=1$  на интервале от 0 до 1. Построить графики численного решения и точного решения:

$$y=e^{x^2/2}.$$

5. Составить программу, вычисляющую функцию  $\sin(x)$  с помощью разложения в функции в ряд Тейлора. Вычисление функции должно быть выполнено с заданной относительной точностью.
8. Найти точку, доставляющую минимум функции двух переменных:

$$f(x, y) = x^2 - \sqrt{y} + y \sin(2x) + 25$$

при ограничениях:

$$y \geq 1, \quad x^2 + y^2 \leq 9, \quad 2x + 3y \geq 4.$$

9. Методом прогонки решить следующую краевую задачу:

$$x \frac{d^2 y}{dx^2} + 2 \frac{dy}{dx} - xy = e^x, \quad y(1) = 0, \quad y(2) = 1.$$

Построить графики численного решения и точного решения:

$$y = \frac{e^x}{2} + \frac{C_1 e^x - C_2 e^{-x}}{x},$$

где

$$C_1 = \frac{5-2e^2}{2(e^2-1)}, \quad C_2 = (C_1 + \frac{1}{2})e^2.$$



Проанализировать зависимость точности численного решения от числа разбиений интервала, на котором ищется решение.

### 11.3. Оценочные средства для промежуточной аттестации

Примерный список вопросов к зачету:

- Приближенное решение трансцендентных уравнений
- Методы вычислений определенных интегралов
- Численное интегрирование обыкновенных дифференциальных уравнений в постановке задачи Коши.
- Численное решение линейных дифференциальных уравнений в задаче с краевыми условиями.
- Формирование математических и компьютерных моделей.
- Реализация основных численных методов в пакете.

#### Разработчики:

<u></u> (подпись)	<u>профессор, зав.кафедрой, д.ф.-м.н.</u> (занимаемая должность)	<u>В.Л., Паперный</u> (инициалы, фамилия)
<u></u> (подпись)	<u>доцент, к.ф.-м.н.</u> (занимаемая должность)	<u>В.И., Красов</u> (инициалы, фамилия)

Программа рассмотрена на заседании кафедры общей и космической физики ИГУ  
«15» 11 2013 г.

Протокол № 3 Зав.кафедрой  В.Л. Паперный