



**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**

**Кафедра общей и космической физики**



УТВЕРЖДАЮ

201 3 г.

**Рабочая программа дисциплины (модуля)**

Код дисциплины Б2.Б.2.2

Наименование дисциплины (модуля) Вычислительная физика (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> .....	5
<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> .....	7
<b>7. Примерная тематика курсовых работ (проектов) (при наличии)</b> .....	7
<b>8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля):</b> .....	7
а) <i>основная литература</i> .....	7
б) <i>дополнительная литература</i> .....	8
в) <i>программное обеспечение</i> .....	8
г) <i>базы данных, информационно-справочные и поисковые системы</i> .....	8
<b>9. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля):</b> .....	8
<b>10. Образовательные технологии:</b> .....	8
<b>11. Оценочные средства (ОС):</b> .....	9

## 1. Цели и задачи дисциплины (модуля)

Основной задачей курса является обучение студентов методам построения и исследования математические модели физических явлений, причем изучение модели проводится методом численного эксперимента с помощью компьютера. В рамках этой задачи студенту предлагается самостоятельно разработать программу, описывающую модель физического явления, а затем по системе заданий изучить само физическое явление. Параметры модели легко изменяются в процессе изучения и представляются в наглядном виде. Такое исследование дополняет реальный эксперимент и позволяет получить полное представление о свойствах физического объекта.

**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 в операционной системе Window;
- изучить основы построения численной модели физического явления;
- освоить приемы исследования физических явлений на примере их модели.

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

Курс вычислительной физики модуля «информатика» относится к базовой части математического и естественнонаучного цикла дисциплин. Данная дисциплина предназначена для студентов первого курса.

Одним из направлений модернизации российского образования является интеграция дисциплин математического и естественнонаучного цикла. Курс вычислительной физики соответствует этой концепции, т.к. при его изучении 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):

Обеспечиваемые компетенции. После изучения курса вычислительной физики, 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 программированию включает в себя дидактические единицы, рекомендуемые в федеральном государственном образовательном стандарте высшего профессионального образования при подготовке бакалавров по направлению 011200 Физика.

#### **Выписка из ФГОС ВПО.**

*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.*

Модуль информатика в цикле Б.2 делится на три дисциплины:

- программирование,

- вычислительную физику,
- численные методы и математическое моделирование.

Студент должен обладать следующими компетенциями: ПК-1, ПК-2, ОК-12, ОК-16, ОК-17, ОК-20, ОК-21.

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

Вид учебной работы	Всего часов / зачетных единиц	Семестры			
		1	2		
<b>Аудиторные занятия (всего)</b>	78				
В том числе:				-	-
Лекции					
Практические занятия (ПЗ)	72	18	54		
Семинары (С)					
Лабораторные работы (ЛР)					
КСР	6	2	4		
<b>Самостоятельная работа (всего)</b>	66	16	50		
В том числе:				-	-
Курсовой проект (работа)					
Расчетно-графические работы					
Реферат (при наличии)					
<i>Другие виды самостоятельной работы</i>					
Вид промежуточной аттестации (зачет, экзамен)					
Общая трудоемкость	часы	144	36	108	
	зачетные единицы	4	1	3	

#### 5. Содержание дисциплины (модуля)

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

##### Раздел 1. Численное моделирование движений.

###### Тема 1. Понятие о численной модели.

Приведение уравнения движения к безразмерному виду. Параметры подобия.

###### Тема 2. Численное решение уравнений движения материальной точки.

Алгоритмы Эйлера и Рунге – Кутты.

###### Тема 3. Моделирование линейного и нелинейного маятника.

Фазовая траектория. Устойчивость решения. Финитные и инфинитные движения. Сепаратриса.

###### Тема 4. Движение материальной точки в центральном поле.

Притягивающий и отталкивающий центры.

###### Тема 5. Движение точечного заряда в однородных полях.

Движение заряда магнитном поле, в скрещенных однородных электрическом и магнитном полях.

##### Раздел 2. Моделирование векторных полей.

###### Тема 6. Построение силовых линий.

Силовые линии электрического поля разных источников. Силовые линии магнитного поля.

###### Тема 7. Построение изолиний.

Линии равного потенциала для поля точечных зарядов, расположенных в одной плоскости. Силовые линии как изолинии потока для аксиально-симметричных источников поля.

### Раздел 3. Моделирование случайных процессов.

#### Тема 8. Случайные числа.

Генератор случайных чисел. Случайные числа, распределенные с равномерной плотностью вероятности. Алгоритм получения случайных чисел, распределенных с неравномерной плотностью вероятности.

#### Тема 9. Вычисление площадей методом Монте-Карло.

#### Тема 10. Случайные блуждания.

Моделирование столкновений. Определение длины свободного пробега. Моделирование движения со столкновениями.

### 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.	Численные методы и математическое моделирование	Раздел 1, раздел 2
2.	Основы сетевых технологий	Раздел 1, раздел 2
3.	Базы данных	Раздел 1, раздел 2
4.	Методы обработки сигналов и изображений	Раздел 1, раздел 2
5.	Управление внешними устройствами	Раздел 1, раздел 2, раздел 3

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

№ п/п	Наименование раздела	Наименование темы	Виды занятий в часах					Всего
			Лекц.	Практ. зан.	Семина	Лаб. зан.	СРС	
1.	Численное моделирование движений	Понятие о численной модели		8			7	15
2.		Численное решение уравнений движения материальной точки		8			8	16
3.		Моделирование линейного и нелинейного маятника		8			7	15
4.		Движение материальной точки в центральном поле		8			8	16
5.		Движение		8			7	15

		точечного заряда в однородных полях						
6.	Моделирование векторных полей	Построение силовых линий		8			7	15
7.		Построение линий равного потенциала для поля точечных зарядов		8			8	16
8.	Моделирование случайных процессов	Случайные числа		8			7	15
9.		Вычисление площадей методом Монте-Карло		8			7	15

### 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	Понятие о численной модели	8	практ. и твор. задания, собес.	ПК-1 ПК-2 ОК-12 ОК-16 ОК-17 ОК-20 ОК-21
2.	1	Численное решение уравнений движения материальной точки	8	практ. и твор. задания, собес.	
3.	1	Моделирование линейного и нелинейного маятника	8	практ. и твор. задания, собес.	
4.	1	Движение материальной точки в центральном поле	8	практ. и твор. задания, собес.	
5.	1	Движение точечного заряда в однородных полях	8	практ. и твор. задания, собес.	
6.	2	Построение силовых линий	8	практ. и твор. задания, собес.	
7.	2	Построение линий равного потенциала для поля точечных зарядов	8	практ. и твор. задания, собес.	
8.	3	Случайные числа	8	практ. и твор. задания, собес.	
9.	3	Вычисление площадей методом Монте-Карло	8	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. 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.

2. Иванов В.Б. . Компьютерное моделирование и программирование. Часть 1. Основы компьютерного моделирования. Изд. Иркутского университета. 2003. 60 экз.
3. Иванов В.Б. Компьютерное моделирование и программирование. Часть 3. Инструментальные средства моделирования. Изд. Иркутского университета. 2003. 60 экз.

*б) дополнительная литература*

4. Аладьев, В.З. Основы информатики: учебное пособие / В.З. Аладьев, Ю.Я. Хунт, М.Л. Шишаков. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: ИИД ФелинЪ, 1999. – 545 с. - ISBN 5-89568-131-X
5. 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 вычислительной физике проводится в специально подготовленных дисплейных классах, в которых на каждом компьютере установлены соответствующие программные пакеты.

## **10. Образовательные технологии:**

Изучение курса «Вычислительная физика» 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 завершенность, 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

Примерный список вопросов для текущего контроля:

1. Чем определяется точность алгоритма Эйлера? Как можно её повысить?
2. Какой вид имеет решение уравнения движения линейного осциллятора?
3. Чем отличаются решения уравнения движения нелинейного маятника при малых отклонениях от положения равновесия и вблизи сепаратрисы?
4. Что такое инфинитное движение?
5. Какой траектории соответствует инфинитное движение в поле центральных сил?
6. Как называется движение заряженной частицы в неоднородном магнитном поле и в скрещенных полях?
7. Что называется силовой линией или линией поля?
8. В каких случаях возможно пересечение силовых линий?
9. Что характеризует карта силовых линий?
10. Как выбираются начальные точки для построения карты силовых линий магнитного поля кольца с током?
11. Что такое метод «цветного кодирования»?
12. Какими свойствами должны обладать источники поля, чтобы можно было строить карту силовых линий как изолиний потока вектора поля?
13. Что называется дискретной случайной величиной, непрерывной случайной величиной?
14. Что такое стандартная случайная величина?
15. Приведите алгоритм генератора случайных чисел?
16. Что такое разыгрывание случайной величины?
17. От чего зависит точность метода Монте-Карла вычисления площади произвольной формы?
18. Какова вероятность испытать случайное столкновение на отрезке  $dx$ ?

### 11.3. Оценочные средства для промежуточной аттестации

Каждое задание предполагает написание студентом программы в среде **Delphi** и/или **C++** 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. Колебания

- 1 Написать программу, моделирующую движение линейного маятника с затуханием. На рабочем окне программы изобразить графики траектории  $X(t)$ , фазовой траектории  $V(X)$ , полной энергии  $E(t)$ . Исследовать движения с разными начальными условиями. (2 балла). Дополнить программу изображением движущегося маятника в режиме анимации (1 балл).
- 2 Построить компьютерную модель вынужденных колебаний линейного маятника с затуханием. Построить резонансную кривую (3 балла).
- 3 Написать программу, моделирующую движение нелинейного маятника с затуханием. На рабочем окне программы изобразить графики траектории  $X(t)$ , фазовой траектории  $V(X)$ , полной энергии  $E(t)$ . Исследовать движения вблизи сепаратрисы (2 балла). Дополнить программу изображением движущегося маятника в режиме анимации (1 балл).

### II. Траектории

- 1 Написать программу вычисления траектории заряда, движущегося в скрещенных однородных электрическом и магнитном полях. Исследовать движения при разных начальных условиях (2 балла).
- 2 Написать программу вычисления траектории заряда, движущегося в неоднородном магнитном поле. Закон изменения поля в пространстве задается преподавателем (2 балла).

### III. Случайные процессы

- 1 Найти площадь круга по методу Монте-Карло, проверяя попадание внутрь круга путем использования уравнения окружности. Исследовать зависимость точности определения площади от числа испытаний ("выстрелов") (1 балл).
- 2 Найти площадь равностороннего треугольника по методу Монте-Карло, проверяя попадание внутрь треугольника путем анализа цвета фигуры. Исследовать зависимость точности определения площади от числа испытаний ("выстрелов") (1 балл).
- 3 Задача о накоплении «зерна». Исследовать процесс накопления зерна на некоторой линии  $+1 > x > -1$ , считая, что плотность вероятности  $p(x)$  попадания отдельного зерна на эту линию зависит от  $x$  следующим образом:
 
$$\begin{aligned} \text{при } 0 > x > -1 \quad p(x) &= 1+x, \\ \text{при } 1 > x > 0 \quad p(x) &= 1-x, \\ \text{при } |x| > 1 \quad p(x) &= 0. \end{aligned}$$

Изображать упавшие зерна кружками (при соответствующих значениях "x") (3 балла).

### IV. Траектории частиц при наличии столкновений

- 1 Вычислить и изобразить траекторию частицы при наличии случайных столкновений, приводящих к изменению направления движения частицы на произвольный угол (в интервале от 0 до  $2\pi$ ) без изменения модуля скорости. Силовые поля отсутствуют. Средняя длина пробега равна  $L$ . Проследить изменение во времени смещения частицы от начальной точки, построив график зависимости смещения как функции от прошедшего времени (2 балла).
- 2 На однородную бесконечную пластинку толщиной  $d$  вдоль оси  $X$  падает поток нейтронов. При столкновении с атомом вещества с вероятностью  $P_1$  нейтрон поглощается, а с вероятностью  $P_2 = 1 - P_1$  упруго рассеивается, причем все направления движения нейтрона после рассеяния равновероятны. Средняя длина свободного пробега равна  $L$ . Промоделировав траектории движения  $N = 100$  нейтронов, определить, сколько нейтронов  $N_1$  поглотилось в пластинке, сколько нейтронов  $N_2$

отразилось от пластинки и сколько нейтронов  $N_3$  прошло сквозь пластинку. Меняя отношение  $L/d$  от 0,1 до 10, выяснить его влияние на значения  $N_1, N_2, N_3$ .

**Указание:** Считать, что ось  $X$  перпендикулярна к пластинке, а движение и рассеяние нейтронов происходят в плоскостях  $XOY$ . Если поверхность, на которую падают нейтроны, расположить при  $x=0$ , а вторую поверхность при  $x=d$ , то условием прохождения будет  $x>d$ , а условием отражения -  $x<0$  (3 балла).

- 3 Вычислить и изобразить траекторию движения заряженной частицы в однородном магнитном поле при наличии столкновений (3 балла).


#### V. Векторные поля


- 4 Нарисовать карту силовых линий и эквипотенциалей поля точечного заряда, расположенного в точке  $x=0, y=0$  (1 балл).
- 5 Нарисовать карту силовых линий и эквипотенциалей поля двух одинаковых разноименных зарядов (2 балла).
- 6 Нарисовать карту силовых линий поля произвольного числа зарядов, расположенных в плоскости экрана случайным образом (3 балла).
- 7 Изобразить распределение потенциала произвольного числа зарядов, расположенных в плоскости экрана (использовать цветовое кодирование различных значений потенциала) (3 балла).

#### Примерный список вопросов к зачету

- Алгоритмы Эйлера и Рунге – Кутты.
- Фазовая траектория. Устойчивость решения. Фinitные и инфинитные движения. Сепаратриса.
- Притягивающий и отталкивающий центры.
- Движение заряда магнитном поле, в скрещенных однородных электрическом и магнитном полях.
- Силовые линии электрического поля разных источников. Силовые линии магнитного поля.
- Линии равного потенциала для поля точечных зарядов, расположенных в одной плоскости. Силовые линии как изолинии потока для аксиально-симметричных источников поля.
- Генератор случайных чисел. Случайные числа, распределенные с равномерной плотностью вероятности. Алгоритм получения случайных чисел.
- Вычисление площадей методом Монте-Карло.
- Моделирование столкновений. Определение длины свободного пробега.

#### Разработчики:

 профессор, зав.кафедрой, д.ф.-м.н. В.Л., Паперный  
(подпись) (занимаемая должность) (инициалы, фамилия)

 доцент, к.ф.-м.н. В.И., Красов  
(подпись) (занимаемая должность) (инициалы, фамилия)

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

Протокол № 3 Зав.кафедрой 