

ФГБОУ ВО «АГУ»	Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Адыгейский государственный университет»
	Рабочая программа дисциплины (модуля)
	<b>СМК. ОП-2/РК-7.3.3</b>

«УТВЕРЖДАЮ»

Декан  
факультета

 /Аракелов А.В.

«29» августа 2019 г.



## Рабочая программа дисциплины (модуля)

### Б1.В.16 Компьютерные методы физики

направление подготовки: 03.03.02 "Физика"

направленность (профиль): "Фундаментальная физика"

Факультет: Инженерно – физический

Кафедра: Теоретической физики

Рассмотрено и одобрено на заседании кафедры теоретической физики  
протокол № 1 от «29» августа 2019 г.

Заведующий кафедрой: д.ф.-м.н., профессор Тлячев В.Б. 

Составитель (разработчик) программы: д.ф.-м.н., профессор Тлячев В.Б. 

РПД Адаптирована для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

## Содержание

### Пояснительная записка

1. Цели и задачи дисциплины (модуля).....	3
2. Объем дисциплины (модуля) по видам учебной работы .....	4
3. Содержание дисциплины (модуля).....	4
4 Самостоятельная работа студентов .....	5
5 Учебно-методическое обеспечение дисциплины (модуля) .....	7
6. Методические рекомендации преподавателю и методические указания обучающимся по дисциплине (модулю) .....	9
7. Обеспечение образовательного процесса для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов .....	10
8. Материально-техническое обеспечение дисциплины .....	11
9. Лист регистрации изменений .....	12

### Пояснительная записка

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки (специальности) (ФГОС 3+) 03.03.02 Физика, направленность Фундаментальная физика (квалификация (степень) «Бакалавр»).

РП представляет собой совокупность дидактических материалов, направленных на реализацию содержательных, методических и организационных условий подготовки по направлению подготовки 03.03.02 Физика.

В структуре образовательной программы дисциплина относится к дисциплинам раздела Б1 вариативной части учебного плана.

Трудоемкость дисциплины: 3 з.е./108 ч.;

контактная работа:

занятия лекционного типа – 12 ч.,

практические занятия – 36 ч.,

контроль самостоятельной работы – 2 ч.,

ИКР – 0,25 ч.,

СР – 57,75 ч.

Ключевые слова: моделирование, компьютер, программа.

Составитель: Тлячев В.Б., д.ф.-м.н., доцент.

#### 1. Цели и задачи дисциплины (модуля)

Изучение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

**ОПК-4:** способность понимать сущность и значение информации в развитии современного общества, осознавать опасность и угрозу, возникающие в этом процессе, соблюдать основные требования информационной безопасности;

**ОПК-5:** способность использовать основные методы, способы и средства получения, хранения, переработки информации и навыки работы с компьютером как со средством управления информацией;

**ОПК-6:** способность решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности.

**ПК-2:** способность проводить научные исследования в избранной области экспериментальных и (или) теоретических физических исследований с помощью современной приборной базы (в том числе сложного физического оборудования) и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта.

*Показателями компетенций являются:*

**знания** – математической модели физического явления или процесса;

основных физических явлений, моделей и экспериментов;

источники погрешностей и их классификацию;

физические принципы, законы и теории;

связь физики с вычислительной математикой и техникой;

основные численные методы решения задач и обработки результатов измерений;

различные языки программирования и стандартные программы из офисных пакетов.

**умения** – выявлять существенные признаки физических явлений;

применять для описания физических явлений известные физические модели;

строить математические модели для описания простейших физических явлений;

описывать физические явления и процессы, используя научную терминологию;  
 представлять различными способами физическую информацию;  
 владеть методом размерностей для выявления функциональной зависимости;  
 применять знание физических теорий для анализа незнакомых физических ситуаций;  
**навыки** – определения погрешностей измерений;  
 грамотного использования физического и математического научного языка;  
 оценки результатов простейших физических моделей;  
 осуществления компьютерного моделирования (написание алгоритма, исходного кода, моделирование и анализ результатов).

## 2. Объем дисциплины (модуля) по видам учебной работы

Таблица 1. Объем дисциплины (модуля)  
 (общая трудоемкость в зачетных единицах: 3)

Виды учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах
		VIII
Общая трудоемкость дисциплины	108	108
Аудиторные занятия	48	48
Лекции (Л)	12	12
Практические занятия (ПЗ)	36	36
Семинары (С)		
Лабораторные работы (ЛР) и другие виды аудиторных занятий		
Самостоятельная работа (СР) + ИКР	58	58
Контроль самостоятельной работы	2	2
Вид итогового контроля (ЗАЧЕТ)		

## 3. Содержание дисциплины (модуля)

Таблица 2. Распределение часов по темам и видам учебной работы

Номер раздела	Наименование разделов и тем дисциплины (модуля)	Объем в часах					
		Всего	Л	ПЗ	КСР	ЛР	СР
1	<b>Вводные примеры.</b> Гармонический осциллятор в классической и квантовой механике. Вопросы построения матмодели, исходя из различных законов и упрощений.	20	2	8			10
2	<b>Молекулярная динамика.</b> Микростатистический и канонический ансамбли.	26	4	10	1		12
3	<b>Метод Монте-Карло и его применение в физике.</b> Метод	62	6	18	1		36

	Монте-Карло для микроканонического ансамбля. Метод Монте-Карло для канонического ансамбля. Метод Монте-Карло для большого канонического ансамбля. <b>Метод функционала плотности.</b> Метод расчёта электронной структуры систем многих частиц в квантовой физике с формализмом Кона-Шэма.						
Итого		108	12	36	2		58

#### Метод Монте-Карло и его применение в физике.

Провести расчет интеграла методами – Монте-Карло, Симпсона, Гаусса. Сравнить точность и время расчета.

#### 4. Самостоятельная работа студентов

Каждое задание предполагает написание студентом программы в одной из сред программирования Maple, Matlab, Mathematica, Pascal, C++ 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. Текст заданий приведен ниже.

Таблица 6. Содержание самостоятельной работы студентов

№ п/п	Вид самостоятельной работы	Разделы или темы рабочей программы	Форма отчетности
1	<i>Индивидуальное домашнее задание.</i> 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. (5 балла). Дополнить программу изображением движущегося маятника в режиме анимации (1 балл).	<b>Вводные примеры.</b> Гармонический осциллятор в классической и квантовой механике. Вопросы построения матмодели, исходя из различных законов и упрощений.	Математическая модель. Алгоритм и текст программы.
2	Построить компьютерную модель вынужденных колебаний линейного маятника с затуханием. Построить резонансную кривую (3 балла).	<b>Вводные примеры.</b> Гармонический осциллятор в классической и квантовой механике. Вопросы построения матмодели, исходя из различных законов и упрощений.	Математическая модель. Алгоритм и текст программы. Результаты компьютерного моделирования (графики и их анализ)

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).	<b>Вводные примеры.</b> Гармонический осциллятор в классической и квантовой механике. Вопросы построения матмодели, исходя из различных законов и упрощений.	Математическая модель. Алгоритм и текст программы.
4	Написать программу построения зависимости распределения молекул по скоростям от температуры.	<b>Молекулярная динамика.</b> Микроканонический и канонический ансамбли.	Математическая модель. Алгоритм и текст программы.
5	Моделирование системы методом Метрополиса в каноническом ансамбле	<b>Молекулярная динамика.</b> Микроканонический и канонический ансамбли.	Математическая модель. Алгоритм и текст программы. Результаты компьютерного моделирования.
6	Провести моделирование прохождения нейтронов, сквозь пластинку. (Литература: 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. – стр. 99. <a href="http://www.fineprint.com">http://www.fineprint.com</a> )	<b>Метод Монте-Карло и его применение в физике.</b>	Математическая модель. Алгоритм и текст программы.
7	<i>Рефераты</i>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Примеры компьютерных методов в физических моделях, описываемых стохастическими дифференциальными уравнениями. (2 примера)</li> <li>2. Дискретные квантовые алгоритмы Монте-Карло.</li> <li>3. Использование кластерных систем для молекулярно-динамического моделирования.</li> <li>4. Моделирование профиля пучка час-</li> </ol>	Тексты рефератов и презентации. Выступление на практических занятиях.

		тиц кругового сечения. 5. Компьютерные методы в исследовании синхротронного излучения.	
8	<i>Доклады (теория метода и модель)</i>	1. Квантовый гармонический осциллятор в среде. 2. Примеры компьютерного моделирования квантовых систем по методу функционала плотности.	Текст доклада и презентация.

#### 4.1. Темы курсовых работ (проектов)

#### 4.2. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся

Современные профессиональные базы и информационные справочные системы:

- ЭБС «Университетская библиотека онлайн» [www.biblioclub.ru](http://www.biblioclub.ru);
- ЭБС АГУ на платформе аппаратно-программного комплекса ООО КДУ <http://adynet.bibliotech.ru>;
- ФГБУ «Российская государственная библиотека» <http://dvs.rsl.ru>;
- ООО «Научная электронная библиотека» (НЭБ) [www.elibrary.ru](http://www.elibrary.ru);
- Российская государственная библиотека (РГБ), г. Москва;
- Библиотека Российской академии наук (РАН), г. Москва;
- Библиотека по естественным наукам РАН (БЕН РАН), г. Москва;
- [Компьютерра – журнал о современных технологиях](#);
- [Обучающие материалы IT-тематики](#).

#### 5. Учебно-методическое обеспечение дисциплины (модуля)

Таблица 7. Основная литература

№ п/п	Наименование, библиографическое описание
1	Кондратьев, А.С. Физика. Задачи на компьютере / А.С. Кондратьев, А.В. Ляпцев. - М.: Физматлит, 2008. - 398 с. - URL: <a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=68865">http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=68865</a>
2	Зализняк, В. Е. Основы вычислительной физики. Часть 2. Введение в методы частиц / В. Е. Зализняк. - Москва — Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2006. - 156 с. - 5-93972-481-7. Режим доступа: <a href="http://www.biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=114979">http://www.biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=114979</a>
3	Кашурников, В.А. Численные методы квантовой статистики / В.А. Кашурников, А.В. Красавин. – М.: Физматлит, 2010. – 628 с. – Режим доступа: – URL:

	<a href="https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=69481">https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=69481</a>
4	Рябенский, В.С. Введение в вычислительную математику / В.С. Рябенский. - 3-е изд., испр. и доп. - М.: Физматлит, 2008. - 285 с. - (Физтеховский учебник). - URL: <a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=68380">http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=68380</a>
	Соболевский, Н.М. Метод Монте-Карло в задачах о взаимодействии частиц с веществом : учебное пособие / Н.М. Соболевский. – М.: Физматлит, 2017. – 204 с. – Режим доступа: – URL: <a href="https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=485499">https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=485499</a>

Таблица 8. Дополнительная литература

№ п/п	Наименование, библиографическое описание
1	Гулд Х., Тобочник Я. Компьютерное моделирование в физике: В 2-х частях. Ч. 1: Пер. с англ. — М.: Мир, 1990. — 352 с.
2	Гулд Х., Тобочник Я. Компьютерное моделирование в физике: В 2-х частях. Ч. 2: Пер. с англ. — М.: Мир, 1990. — 400 с.
3	Федоренко Р.П. Введение в вычислительную физику. М.: Изд-во МФТИ, 1994. – 528 с.
4	Ильина, В. А. Численные методы для физиков-теоретиков. Часть 2 [Электронный ресурс] / В. А. Ильина, П. К. Силаев. - Москва — Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2004. - 118 с. - 5-93972-320-9. Режим доступа: <a href="http://www.biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=114523">http://www.biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=114523</a> Ефремов, Ю. С. Методы математической физики в пакете символьной математики Maple [Электронный ресурс] : учебное пособие / Ю. С. Ефремов, М. Д. Петропавловский. - Барнаул: Издательство БГПУ, 2005. - 300 с. - 5-88210-288-Х. Режим доступа: <a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=120784">http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=120784</a>
5	Прудников, В.В. Фазовые переходы и методы их компьютерного моделирования / В.В. Прудников, А.Н. Вакилов, П.В. Прудников. - М. : Физматлит, 2009. - 224 с. - ISBN 978-5-9221-0961-1 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=68374">http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=68374</a>
6	Сивухин Д.В. Общий курс физики, Т. 2, Термодинамика и Молекулярная Физика, М.: ФИЗМАТЛИТ; Изд-во МФТИ, 2005.
7	Computational Physics, Problem Solving with Computers, 2nd Edition, by Rubin H. Landau, Manuel J. Paez and Cristian C. Bordeianu (Wiley-VCH, 2007) A Survey of Computational Physics: Introductory Computational Science, by Rubin H. Landau, Manuel Jose Paez and Cristian C. Bordeianu (Princeton University Press, 2007) Introduction to Computational Physics, 2nd Edition, by Tao Pang (Cambridge, 2006)
8	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:

Таблица 9. Электронные информационные ресурсы

№ п/п	Название (адрес) ресурса
1	<a href="http://www.exponenta.ru">http://www.exponenta.ru</a>
2	Журнал «Успехи физических наук». <a href="http://www.ufn.ru">www.ufn.ru</a> Метод молекулярной динамики в статистической физике /Лагарьков А. Н., Сергеев В. М. // УФН, Т. 125, Вып. 3, 1978.

	— С. 400-448.
3	ЭБС Университетские библиотеки онлайн. Кондратьев, А. С. Физика. Задачи на компьютере [Электронный ресурс] / А. С. Кондратьев, А. В. Ляпцев. - М.: Физматлит, 2008. - 398 с. - 978-5-9221-0917-8. Режим доступа: <a href="http://www.biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=68865">http://www.biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=68865</a>
4	ЭБС Университетские библиотеки онлайн. Ильина, В. А. Численные методы для физиков-теоретиков. Часть 2 [Электронный ресурс] / В. А. Ильина, П. К. Силаев. - Москва — Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2004. - 118 с. - 5-93972-320-9. Режим доступа: <a href="http://www.biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=114523">http://www.biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=114523</a>

## 6. Методические рекомендации преподавателю и методические указания обучающимся по дисциплине (модулю)

### *Методические рекомендации преподавателю.*

В ходе данного курса студент должен освоить основные методы компьютерного моделирования простейших физических систем с использованием наиболее распространенных численных методов и алгоритмов. При изучении данного курса студенты должны уже в полной мере владеть языками программирования (главным образом, Pascal, Maple) и основами численных методов, уметь использовать графические и анимационные возможности современных компьютеров для решения разнообразных прикладных задач.

### *Методические указания обучающимся.*

После построения математической модели возникает несколько вопросов, на которые следует ответить только после детального расследования и математического анализа модели. Типичные вопросы:

Каковы упрощения, используемые при построении математической модели физического явления. Основные ошибки упрощений.

Существования: есть ли решение этой проблемы?

Единственности: Может ли быть два или больше (различны ли?) Решения?

Регулярность: Как гладки эти решения? Как гладкость решения зависит от исходного термина или гладкости границы области?

Стохастичность: проблемы численных алгоритмов решения стохастических дифференциальных уравнений и систем в представлениях Ито и Стратоновича.

При самостоятельной работе допускается использование любой литературы и Интернет-ресурсов: материалов сайтов рекомендованных преподавателем и результатов поиска в различных системах. Одобряется обращение к преподавателю за консультациями. Материал, законспектированный на лекциях, необходимо регулярно дополнять сведениями из основных и дополнительных литературных источников, а также из сети Интернет.

### **Активные и интерактивные формы занятий (для ФГОС)**

В соответствии с требованиями ФГОС реализация компетентностного подхода должна предусматривать широкое использование в учебном процессе активных и интерактивных форм занятий, включать мастер-классы экспертов и ведущих специалистов в той или иной области.

Удельный вес занятий, проводимых в активной и интерактивной форме, определяется ФГОС по направлениям подготовки.

Таблица 10. Активные и интерактивные формы занятий

Вид занятия	Тема	Форма проведения	Объем в часах
Л	Гармонический осциллятор в классической и квантовой механике.	Проблемные лекции	4

Л	Броуновское движение и стохастическое дифференциальное уравнение. Представление Стратоновича, как более приближенное к физическим моделям.	Мастер-класс	2
ПЗ	Проблема реализации дискретных квантовых алгоритмов Монте-Карло на примерах.	Метод проектов	2
ПЗ	Моделирование профиля пучка частиц кругового сечения.	Компьютерные симуляции	2

Промежуточный контроль осуществляется при выступлениях студентов на практических занятиях по темам заданий для СР.

Форма работы студентов в ходе изучения дисциплины предусмотрена в виде практических занятий, а также выполнения домашних и индивидуальных заданий. Для текущего контроля предусмотрена проверка домашних заданий.

Для получения оценки «зачтено» студенту необходимо выполнить и защитить задания, входящие в план работы на семестр.

### **7. Обеспечение образовательного процесса для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов**

В ходе реализации дисциплины используются следующие дополнительные методы обучения, текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся в зависимости от их индивидуальных особенностей:

- для слепых и слабовидящих:
  - лекции оформляются в виде электронного документа, доступного с помощью компьютера со специализированным программным обеспечением;
  - письменные задания выполняются на компьютере со специализированным программным обеспечением, или могут быть заменены устным ответом;
  - обеспечивается индивидуальное равномерное освещение не менее 300 люкс;
  - для выполнения задания при необходимости предоставляется увеличивающее устройство; возможно также использование собственных увеличивающих устройств;
  - письменные задания оформляются увеличенным шрифтом;
  - экзамен и зачёт проводятся в устной форме или выполняются в письменной форме на компьютере.
- для глухих и слабослышащих:
  - лекции оформляются в виде электронного документа, либо предоставляется звукоусиливающая аппаратура индивидуального пользования;
  - письменные задания выполняются на компьютере в письменной форме;
  - экзамен и зачёт проводятся в письменной форме на компьютере; возможно проведение в форме тестирования.
- для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:
  - лекции оформляются в виде электронного документа, доступного с помощью компьютера со специализированным программным обеспечением;
  - письменные задания выполняются на компьютере со специализированным программным обеспечением;
  - экзамен и зачёт проводятся в устной форме или выполняются в письменной форме на компьютере.

При необходимости предусматривается увеличение времени для подготовки ответа.

Процедура проведения промежуточной аттестации для обучающихся устанавливается с учётом их индивидуальных психофизических особенностей. Промежуточная аттестация может проводиться в несколько этапов.

При проведении процедуры оценивания результатов обучения предусматривается использование технических средств, необходимых в связи с индивидуальными особенностями обучающихся. Эти средства могут быть предоставлены университетом, или могут использоваться собственные технические средства.

Проведение процедуры оценивания результатов обучения допускается с использованием дистанционных образовательных технологий. □

Обеспечивается доступ к информационным и библиографическим ресурсам в сети Интернет для каждого обучающегося в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

- для слепых и слабовидящих:
  - в печатной форме увеличенным шрифтом;
  - в форме электронного документа;
  - в форме аудиофайла.
- для глухих и слабослышащих:
  - в печатной форме;
  - в форме электронного документа.
- для обучающихся с нарушениями опорно-двигательного аппарата:
  - в печатной форме;
  - в форме электронного документа;
  - в форме аудиофайла.

Учебные аудитории для всех видов контактной и самостоятельной работы, научная библиотека и иные помещения для обучения оснащены специальным оборудованием и учебными местами с техническими средствами обучения.

## **8. Материально-техническое обеспечение дисциплины**

Практические выполняются в лаборатории компьютерного моделирования (ауд. 328) с доступом к локальной сети университета и выходом в сеть «Интернет». Лекции сопровождаются презентациями, представляемыми через медиапроектор или интерактивную доску, TV.

Используется программное обеспечение:

- Microsoft Windows Professional 7 Russian Upgrade Academic OPEN... (Microsoft Open License 47818824);
- Microsoft Office 2010 Russian Academic OPEN... (Microsoft Open License 47818824);
- Acrobat Professional 11.0 MLP AOO License RU (65195558) (Software License Certificate 10981633);
- Paint.NET;
- TeXworks.

