

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГБОУ ВО «ВГУ»)

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой  
ядерной физики

*Л. В. Титова* / Титова Л.В./  
13.06.2025г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Б1.В.08 Численные методы и математическое моделирование**

**1. Код и наименование направления подготовки/специальности:**

14.03.02 Ядерные физика и технологии

**2. Профиль подготовки/специализация:**

Физика атомного ядра и частиц

**3. Квалификация выпускника:** бакалавр

**4. Форма обучения:** очная

**5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины:**

кафедра ядерной физики

**6. Составители программы:**

к.ф.м.н., доц. Долгополов Михаил Анатольевич

**7. Рекомендована:**

Научно – методическим советом физического факультета, протокол №6 от 24.06.2021, .РП  
продлена на 2025-2026 учебный год, НМС физического факультета от 20.05.2025,  
протокол №5.

**8. Учебный год:** 2025/2026

**Семестр(ы):** 7

## **9. Цели и задачи учебной дисциплины**

*Целями освоения учебной дисциплины являются:*

- ознакомление студентов с основными методами математического моделирования физико-химических процессов.

*Задачи учебной дисциплины:*

- дать знания о базовой структуре компьютера и ее возможности; понятие алгоритма, основные этапы разработки программ; средства структурирования данных и управления в программах; методологию проектирования программных компонент путем пошаговой детализации; языковые средства реализации абстракций данных и действий по их обработке;

- научить выбирать алгоритм для решения задачи; определять адекватные конкретной задаче и выбранному алгоритму структуры данных программы; использовать методы исходящего проектирования для разработки программных компонент; определять пользовательский интерфейс разрабатываемых программ; реализовывать программные компоненты на языке программирования высокого уровня.

- овладеть математическим аппаратом, необходимым для профессиональной деятельности.

## **10. Место учебной дисциплины в структуре ООП:**

Учебная дисциплина относится к части цикла Б1.В.ОД (Часть, формируемая участниками образовательных отношений).

## **11. Планируемые результаты обучения по дисциплине/модулю (знания, умения, навыки), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями) и индикаторами их достижения:**

| Код  | Название компетенции   | Код(ы) | Индикатор(ы)  | Планируемые результаты обучения   |
|------|--|--------|---|---|
| ПК-2 | Проводит математическое моделирование процессов и объектов на базе стандартных пакетов автоматизированного проектирования и исследований | ПК-2.2 | Уметь использовать классические численные методы для решения задач. | Уметь: выбирать алгоритм для решения задачи; определять адекватные конкретной задаче и выбранному алгоритму структуры данных программы;<br>Владеть математическим аппаратом, необходимым для профессиональной деятельности. |

## **12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час —3/108.**

**Форма промежуточной аттестации – экзамен.**

## **13. Трудоемкость по видам учебной работы**

| Вид учебной работы | Трудоемкость |              |
|--------------------|--------------|--------------|
|                    | Всего        | По семестрам |
|                    |              | 7 семестр    |

|                                       |              |         |         |
|---------------------------------------|--------------|---------|---------|
| Аудиторные занятия                    |              | 36      | 36      |
| в том числе:                          | лекции       |         |         |
|                                       | практические | 36      | 36      |
|                                       | лабораторные |         |         |
| Самостоятельная работа                |              | 36      | 36      |
| в том числе: курсовая работа (проект) |              |         |         |
| Контроль                              |              | 36      | 36      |
| Форма промежуточной аттестации        |              | Экзамен | Экзамен |
| Итого:                                |              | 108     | 108     |

### 13.1. Содержание дисциплины

| п/п              | Наименование раздела дисциплины  | Содержание раздела дисциплины  | Реализация раздела дисциплины с помощью онлайн-курса, ЭУМК * |
|------------------|--|--|--|
| <b>1. Лекции</b> |  |  |  |
| 1.1              | Общие вопросы.   | Вычислительный эксперимент. Модель, алгоритм, программа. Системный анализ. Построение и анализ иерархии упрощенных моделей как метод анализа сложных систем.   | -  |
| 1.2              | Классификация математических моделей.                                    | Формы математических моделей: инвариантные, алгоритмические, аналитические и графические. Детерминированные и стохастические математические модели. Иерархические уровни математических моделей: микроуровень, макроуровень, метауровень.                                  | -  |
| 1.3              | Уравнения законов.   | Уравнения законов сохранения массы, энергии, количества движения. Уравнение неразрывности. Модели тепловых систем на микроуровне: уравнение теплопроводности, четыре типа граничных условий для него. Модели гидравлических систем на микроуровне. Уравнение Навье-Стокса. | -  |
| 1.4              | Основные свойства случайных процессов.                                   | Моделирование реализаций случайных процессов. Метод Монте-Карло. Примеры математических моделей, которые могут быть изучены этим методом. Рандомизированная модель прохождения пучка заряженных частиц через вещество.   | -  |
| 1.5              | Методы описания «чистых» квантово-механических состояний.                | Уравнение Шредингера. Численные методы его решения. Граничные условия для случая финитного и инфинитного движения.   | -  |
| 1.6              | Численные методы интегрирования обыкновенных дифференциальных уравнений. | Задача Коши для обыкновенных дифференциальных уравнений. Интегрирование уравнений второго и высших порядков. Методы Рунге-Кутта и другие методы.   | -  |

### 13.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий

| № п/п | Наименование темы (раздела) дисциплины | Виды занятий (количество часов) |              |              |                        |          |       |
|-------|--|---------------------------------|--------------|--------------|------------------------|----------|-------|
|       |  | Лекции                          | Практические | Лабораторные | Самостоятельная работа | Контроль | Всего |
| 1     | Общие вопросы.                         |                                 | 2            |              | 2                      | 2        | 6     |
| 2     | Классификация математических моделей.  |                                 | 6            |              | 6                      | 6        | 18    |
| 3     | Уравнения законов.                     |                                 | 6            |              | 6                      | 6        | 18    |

|   |  |  |    |  |    |    |     |
|---|--|--|----|--|----|----|-----|
|   |  |  |    |  |    |    |     |
| 4 | Основные свойства случайных процессов.                                   |  | 6  |  | 6  | 6  | 18  |
| 5 | Методы описания «чистых» квантово-механических состояний.                |  | 8  |  | 8  | 8  | 24  |
| 6 | Численные методы интегрирования обыкновенных дифференциальных уравнений. |  | 8  |  | 8  | 8  | 24  |
|   | Итого:   |  | 36 |  | 36 | 36 | 108 |

#### **14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины**

Изложение материала преподавателем необходимо вести в форме, доступной для понимания. Для улучшения усвоения учебного материала необходимо применять традиционные и современные технические средства обучения. Для самостоятельного изучения отведено время на все разделы курса.

Студентам на лекциях необходимо вести подробный конспект и стараться понять материал курса, не стесняться задавать преподавателю вопросы для углубленного понимания конкретных проблем курса. Для полного понимания материала следует активно использовать консультации. Для самостоятельного изучения разделов курса, рекомендованных преподавателем, необходимо пользоваться основной и дополнительной литературой, интернет-ресурсами.

#### **15. Перечень основной и дополнительной литературы, ресурсов интернет, необходимых для освоения дисциплины (список литературы оформляется в соответствии с требованиями ГОСТ и используется общая сквозная нумерация для всех видов источников)**

а) основная литература:

| № п/п | Источник  |
|-------|---|
| 1     | Срочко, Владимир Андреевич. Численные методы. Курс лекций : [учебное пособие для студ. вузов, обуч. по специальности 010200 "Прикладная математика и информатика" и по направлению 510200 "Прикладная математика и информатика"] / В.А. Срочко. — СПб. [и др.] : Лань, 2010 . — 202 с. : ил. — (Учебники для вузов. Специальная литература). — Библиогр.: с. 200. |
| 2     | Булавин, Леонид Анатольевич. Компьютерное моделирование физических систем : [учебное пособие] / Л.Н. Булавин, Н.В. Выгорницкий, Н.И. Лебовка . — Долгопрудный : Интеллект, 2011 . — 349 с.  |

б) дополнительная литература:

| № п/п | Источник  |
|-------|---|
| 3     | Федоренко Р. П. Введение в вычислительную физику : учеб. пособие для вузов / Р.П. Федоренко ; под ред. и с доп. А.И. Лобанова . — 2-е , испр. и доп. изд. — Долгопрудный : Интеллект, 2008 . — 503 с. |
| 4     | Волков Е. А. Численные методы : учебное пособие / Е.А. Волков . — Изд. 5-е, стер. — СПб: Лань, 2008 . — 248 с   |
| 5     | Тарасик В.П. Математическое моделирование технических систем / В.П. Тарасик. — Минск. : “ДизайнПРО” . 1997.   |
| 6     | Моисеев Н.Н. Математические задачи системного анализа/ Н.Н. Моисеев. — М.: Наука, 1977.   |
| 7     | Компьютеры, модели, вычислительный эксперимент. — М.: Наука, 1988.  |
| 8     | Нивергельт Ю. Машинный подход к решению математических задач / Ю.Нивергельт, Дж.Фаррар, Э.Рейнгольд – М.: Мир, 1977.  |
| 9     | Самарский А.А.Численные методы/ А.А.Самарский, А.В. Гулин. – М.: Наука, 1989.   |
| 10    | Тихонов А.Н.Уравнения математической физики/ А.Н.Тихонов, А.А. Самарский. – М.: Наука, 1982.  |
| 11    | Ландау Л.Д. Теоретическая физика: в 10.Т./ Л.Д.Ландау, Е.М. Лифшиц .– М.: Наука:  |

в) информационные электронно-образовательные ресурсы (официальные ресурсы интернет)\*:

| № п/п | Ресурс  |
|-------|---|
| 12    | <a href="http://www.lib.vsu.ru">www.lib.vsu.ru</a> – ЗНБ ВГУ                      |
| 13    | <a href="https://edu.vsu.ru">https://edu.vsu.ru</a> – Электронный университет ВГУ |

**16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы**  
 (учебно-методические рекомендации, пособия, задачники, методические указания по выполнению практических (контрольных), курсовых работ и др.)

| № п/п | Источник   |
|-------|--|
| 1     | Благовещенский, Владимир Валерьевич. Компьютерные лабораторные работы по физике в пакете MathCAD : [учебное пособие для студ. вузов, обуч. по направлению подготовки бакалавров "Техническая физика"] / В.В. Благовещенский .— Санкт-Петербург ; Москва ; Краснодар : Лань, 2013 .— 93, [2] с. : ил., табл. + 1 электрон. опт. диск (CD) .— (Учебники для вузов. Специальная литература). — Библиогр.: с.[94] .— ISBN 978-5-8114-1528-1. |
| 2     | Моделирование радиационных эффектов в структурах металл-диэлектрик-полупроводник : пособие : 010400, 014100, 071900 / Воронежский государственный университет, Каф. ядер. физики, Физ. фак.; Сост. Ю.В. Иванков [и др.] .— Воронеж, 2004 .— 35 с. : ил .— Библиогр.: с. 33 .— <URL: <a href="http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/sep04035.pdf">http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/sep04035.pdf</a> >.                   |

**17. Образовательные технологии, используемые при реализации учебной дисциплины, включая дистанционные образовательные технологии (ДОТ), электронное обучение (ЭО), смешанное обучение):**

При проведении занятий по дисциплине используются следующие образовательные технологии:

- активные и интерактивные формы проведения занятий;
- компьютерные технологии при проведении занятий;
- презентационные материалы и технологии при объяснении материала на лекционных и практических занятиях;
- специализированное оборудование при проведении лабораторных работ;
- разбор конкретных ситуаций при постановке целей и задач к разработке прикладных программ, при выборе программного обеспечения по установленным критериям, при разработке программ по предусмотренным алгоритмам и методам

Для самостоятельной работы используется ЭБС Университетская библиотека online - [www.lib.vsu.ru](http://www.lib.vsu.ru) - ЗНБ ВГУ. Программное обеспечение, применяемое при реализации дисциплины – Microsoft Windows, LibreOffice, CodeBlocks, Adobe Reader, Mozilla FireFox.

Дистанционные образовательные технологии (ДОТ) применяются с использованием образовательного портала «Электронный университет ВГУ».

**18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:**

|   |   |
|---|---|
| Компьютерный класс (для проведения занятий семинарского типа, текущего контроля и промежуточной аттестации)<br>Специализированная мебель, компьютеры Pentium-II, III (12 шт.), объединенные в локальную сеть с возможностью подключения к сети «Интернет»<br>Microsoft Windows 7, Windows 10 договор 3010-15/207-19 от 30.04.2019.<br>LibreOffice (бесплатное и/или свободное ПО (лицензия: <a href="https://www.libreoffice.org/about-us/licenses/">https://www.libreoffice.org/about-us/licenses/</a> )<br>Adobe Reader (бесплатное и/или свободное ПО (лицензия: | г.Воронеж, площадь Университетская, д.1, пом.1, ауд. 40/3 |
|---|---|

|   |   |
|---|---|
| <p><a href="https://get.adobe.com/ru/reader/legal/licenses">https://get.adobe.com/ru/reader/legal/licenses)</a><br/> Mozilla Firefox (бесплатное и/или свободное ПО) (лицензия:<br/> <a href="https://www.mozilla.org/ru/about/legal/terms/firefox/">https://www.mozilla.org/ru/about/legal/terms/firefox/</a>)<br/> Lazarus (бесплатное и/или свободное ПО (лицензия:<br/> <a href="https://www.lazarus-ide.org/about-us/licenses/">https://www.lazarus-ide.org/about-us/licenses/</a>)<br/> CodeBlocks (бесплатное и/или свободное ПО (лицензия:<br/> <a href="http://www.gnu.org/licenses/">http://www.gnu.org/licenses/</a>)</p>  |   |
| <p>Компьютерный класс, аудитория для групповых и индивидуальных консультаций, помещение для самостоятельной работы<br/> Специализированная мебель, компьютеры (системные блоки Intel Pentium-IV, мониторы LG FLATRON L17428-8F) (30 шт.) с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета<br/> Microsoft Windows 7, Windows 10 договор 3010-15/207-19 от 30.04.2019.<br/> LibreOffice (бесплатное и/или свободное ПО (лицензия:<br/> <a href="https://www.libreoffice.org/about-us/licenses/">https://www.libreoffice.org/about-us/licenses/</a>)<br/> Adobe Reader (бесплатное и/или свободное ПО (лицензия:<br/> <a href="https://get.adobe.com/ru/reader/legal/licenses">https://get.adobe.com/ru/reader/legal/licenses)</a><br/> Mozilla Firefox (бесплатное и/или свободное ПО) (лицензия:<br/> <a href="https://www.mozilla.org/ru/about/legal/terms/firefox/">https://www.mozilla.org/ru/about/legal/terms/firefox/</a>)</p> | <p>г.Воронеж, площадь<br/> Университетская, д.1, пом.1, ауд. 40/5</p> |

## 19. Оценочные средства для проведения текущей и промежуточной аттестаций

Порядок оценки освоения обучающимися учебного материала определяется содержанием следующих разделов дисциплины:

| № п/п  | Наименование раздела дисциплины (модуля)                                 | Компетенция(и) | Индикатор(ы) достижения компетенции | Оценочные средства                 |
|--|--|----------------|-------------------------------------|------------------------------------|
| 1.   | Общие вопросы.   | ПК-2           | ПК-2.2                              | Устный опрос                       |
| 2.   | Классификация математических моделей.                                    |                |                                     |                                    |
| 3.   | Уравнения законов.   |                |                                     |                                    |
| 4.   | Основные свойства случайных процессов.                                   |                |                                     |                                    |
| 5.   | Методы описания «чистых» квантово-механических состояний.                |                |                                     |                                    |
| 6.   | Численные методы интегрирования обыкновенных дифференциальных уравнений. |                |                                     |                                    |
| Промежуточная аттестация<br>форма контроля - экзамен |  |                |                                     | Пункт 20.2.1<br>Вопросы к экзамену |

## 20 Типовые оценочные средства и методические материалы, определяющие процедуры оценивания

### 20.1 Текущий контроль успеваемости

Контроль успеваемости по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств:

Устный опрос

Описание критериев и шкалы оценивания компетенций (результатов обучения) при промежуточной аттестации

| Критерии оценивания компетенций   | Уровень сформированности компетенций | Шкала оценок        |
|---|--------------------------------------|---------------------|
| Полное знание учебно-программного материала на уровне количественной характеристики. Способность самостоятельно ответить на дополнительные корректирующие вопросы преподавателя.                              | Повышенный уровень                   | Отлично             |
| Знание основного программного материала на основе качественной характеристики, допускающее погрешности в ответах. Способность самостоятельно ответить на дополнительные корректирующие вопросы преподавателя. | Базовый уровень                      | Хорошо              |
| Знание основного программного материала на основе качественной характеристики, допускающее погрешности в ответах. Способность скорректировать ответ под руководством преподавателя.                           | Пороговый уровень                    | Удовлетворительно   |
| Не знание основного программного материала. Неспособность скорректировать ответ под руководством преподавателя.   | –                                    | Неудовлетворительно |

## 20.2 Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств:

Собеседование по билетам к экзамену

### 20.2.1. Перечень вопросов к экзамену:

1. Вычислительный эксперимент. Модель, алгоритм, программа.
2. Уравнение Навье-Стокса.
3. Системный анализ.
4. Моделирование реализаций случайных процессов.
5. Построение и анализ иерархии упрощенных моделей как метод анализа сложных систем.
6. Метод Монте-Карло. Примеры математических моделей, которые могут быть изучены этим методом.
7. Формы математических моделей: инвариантные, алгоритмические, аналитические и графические.
8. Рандомизированная модель прохождения пучка заряженных частиц через вещество.
9. Детерминированные и стохастические математические модели.
10. Уравнение Шредингера.
11. Иерархические уровни математических моделей: микроуровень, макроуровень, метауровень.
12. Численные методы его решения.

13. Уравнения законов сохранения массы, энергии, количества движения.
14. Границные условия для случая финитного и инфинитного движения.
15. Уравнение неразрывности.
16. Задача Коши для обыкновенных дифференциальных уравнений.
17. Модели тепловых систем на микроуровне: уравнение теплопроводности, четыре типа граничных условий для него.
18. Интегрирование уравнений второго и высших порядков.
19. Модели гидравлических систем на микроуровне.
20. Методы Рунге-Кутта и другие методы.

Описание критериев и шкалы оценивания компетенций (результатов обучения) при промежуточной аттестации

| Критерии оценивания компетенций   | Уровень сформированности компетенций | Шкала оценок        |
|---|--------------------------------------|---------------------|
| Полное знание учебно-программного материала на уровне количественной характеристики. Способность самостоятельно ответить на дополнительные корректирующие вопросы преподавателя.                              | Повышенный уровень                   | Отлично             |
| Знание основного программного материала на основе качественной характеристики, допускающее погрешности в ответах. Способность самостоятельно ответить на дополнительные корректирующие вопросы преподавателя. | Базовый уровень                      | Хорошо              |
| Знание основного программного материала на основе качественной характеристики, допускающее погрешности в ответах. Способность скорректировать ответ под руководством преподавателя.                           | Пороговый уровень                    | Удовлетворительно   |
| Не знание основного программного материала. Неспособность скорректировать ответ под руководством преподавателя.   | –                                    | Неудовлетворительно |