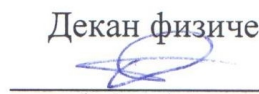


**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
**Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова**

Кафедра теоретической физики

**УТВЕРЖДАЮ**

Декан физического факультета  
  
(подпись) И.С. Огнев

23 мая 2023 года

**Рабочая программа дисциплины**  
**«Численные методы в физике»**

Направление подготовки  
03.04.02 Физика

Направленность (профиль)  
«Теоретическая физика»

Форма обучения  
очная

Программа одобрена  
на заседании кафедры  
от «17» апреля 2023 года, протокол № 8

Программа одобрена НМК  
физического факультета  
протокол № 5 от « 25» апреля 2023 года

Ярославль

### 1. Цели освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины «Численные методы в физике» является формирование у студентов дополнительных знаний и умений при численном решении и моделировании различных задач в физике.

### 2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Численные методы» относится к обязательным дисциплинам Блока Б1. Для освоения данной дисциплины необходимо знать основные физические законы, основы высшей математики, численные методы и способы их компьютерной реализации.

### 3. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих элементов компетенций в соответствии с ФГОС ВО, ООП ВО и приобретения следующих знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности:

Формируемая компетенция (код и формулировка)	Индикатор достижения компетенции (код и формулировка)	Перечень планируемых результатов обучения
<b>Общепрофессиональные компетенции</b>		
<b>ОПК-3</b> Способен применять знания в области информационных технологий, использовать современные компьютерные сети, программные продукты и ресурсы информационно-телекоммуникационной сети "Интернет" (далее - сеть "Интернет") для решения задач профессиональной деятельности, в том числе находящихся за пределами профильной подготовки	ИД-ОПК-3_1 Знает современные технические и программные средства компьютерных и информационных технологий	Знает - перечень программного обеспечения, которое может быть использовано в процессе моделирования реальных задач.
	ИД-ОПК-3_2 Знает и использует современные методы и средства для поиска, хранения, обработки, анализа и представления в требуемом формате информации из различных источников и баз данных	Знает: - математический аппарат теории численных методов;  Умеет: - использовать пакеты прикладных программ в обеспечении процесса моделирования. - пользоваться численными методами для решения фундаментальных и прикладных задач в области физики - делать качественные выводы при переходе к предельным условиям в изучаемой физической проблеме
<b>ПК-2</b> Способен обрабатывать и анализировать результаты научно-исследовательской	ИД-ПК-2_1 Участвует в обработке и анализе полученных данных или результатов научно-исследовательской	Владеет: - навыками обработки результатов численного моделирования и сопоставления с аналитическими уравнениями

деятельности с помощью современных информационных технологий	деятельности с помощью современных информационных технологий	
---	---	--

#### 4. Объем, структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетные единицы, 72 акад. часа.

№ п/п	Темы (разделы) дисциплины, их содержание	С е м е с т р	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу студентов, и их трудоемкость (в академических часах)							Формы текущего контроля успеваемости  Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
			Контактная работа							
			лекции	практические занятия	лабораторные	консультации	аудиторные занятия	самостоятельная работа		
1	Численные методы решения дифференциальных уравнений в частных производных	3	5		8	1		4	Задания для лабораторных работ	
2	Методы Монте-Карло	3	7		10	2		4	Задания для лабораторных работ	
3	Методы решений уравнений гидростатического равновесия. Метод Курица. Метод Ауэра-Михаласа.	3	5		6	1		4	Задания для лабораторных работ	
							0,3	4,7	Зачет	
	Всего		17		34	4	0,3	16,7		

#### Содержание разделов дисциплины:

1. Численные методы решения дифференциальных уравнений в частных производных
  - 1.1 Разносные схемы. Схема бегущего счета. Сходимость. Аппроксимация. Устойчивость.
  - 1.2 Линейные уравнения переноса. Уравнение диффузии. Метод Кранка-Николсона.
  - 1.3 Спектральные методы. Полиномы Чебышева. Метод Галеркина.
2. Методы Монте-Карло
  - 2.1 Простейший метод Монте-Карло для вычисления интеграла. Способы уменьшения дисперсии.
  - 2.2 Псевдослучайные числа. Квази-случайные числа. Генерация случайных величин с заданной функцией распределения. Общие методы. Методы Монте-Карло с повышенной скоростью сходимости. Адаптивные методы.
  - 2.3 Метод Метрополиса.
3. Методы решений уравнений гидростатического равновесия. Метод Курица. Метод Ауэра-Михаласа.

## **5. Образовательные технологии, в том числе технологии электронного обучения и дистанционные образовательные технологии, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине**

В процессе обучения используются следующие образовательные технологии:

**Вводная лекция** – это первая лекция по дисциплине. Она дает первое целостное представление о дисциплине и ориентирует студента в системе изучения данной дисциплины. Студенты знакомятся с назначением и задачами курса, его ролью и местом в системе учебных дисциплин и в системе подготовки в целом. На этой лекции рассказываются методические и организационные особенности работы в рамках данной дисциплины, а также дается анализ рекомендуемой для ее освоения учебно-методической литературы.

**Академическая лекция с элементами лекции-беседы** – последовательное изложение материала, осуществляемое преимущественно в виде монолога преподавателя. Элементы лекции-беседы обеспечивают контакт преподавателя с аудиторией, что позволяет привлекать внимание студентов к наиболее важным темам дисциплины, активно вовлекать их в учебный процесс, контролировать темп изложения учебного материала в зависимости от уровня его восприятия.

**Практическое занятие** – занятие, посвященное освоению конкретных умений и навыков по закреплению полученных на лекции знаний.

**Консультации** – вид учебных занятий, являющийся одной из форм контроля самостоятельной работы студентов. На консультациях по просьбе студентов рассматриваются наиболее сложные моменты при освоении материала дисциплины, преподаватель отвечает на вопросы студентов, которые возникают у них в процессе самостоятельной работы.

## **6. Перечень лицензионного и (или) свободно распространяемого программного обеспечения, используемого при осуществлении образовательного процесса по дисциплине**

В процессе осуществления образовательного процесса по дисциплине используются:

для формирования материалов для текущего контроля успеваемости и проведения промежуточной аттестации, для формирования методических материалов по дисциплине:

- программы Microsoft Office;
- издательская система LaTeX;
- Adobe Acrobat Reader.

## **7. Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (при необходимости)**

В процессе осуществления образовательного процесса по дисциплине используются:

Автоматизированная библиотечно-информационная система «БУКИ-NEXT»  
[http://www.lib.uniyar.ac.ru/opac/bk\\_cat\\_find.php](http://www.lib.uniyar.ac.ru/opac/bk_cat_find.php)

## **8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» (при необходимости), рекомендуемых для освоения дисциплины**

### **а) основная литература**

1. Михайлов Г. А., Войтишек А. В. Статистическое моделирование. Методы Монте-Карло : учебное пособие для вузов /— М. : Издательство Юрайт, 2022. — 323 с.  
<https://urait.ru/bcode/494032>

2. Аверина, Т. А. Верификация численных методов решения систем со случайной структурой : учеб. пособие - Новосибирск : РИЦ НГУ, 2015. - 178 с.  
<https://www.studentlibrary.ru/book/ngu001.html>

3. Кашурников В. А., Красавин А. В. Численные методы квантовой статистики — М. : ФИЗМАТЛИТ, 2010. - 628 с. <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785922112130.html>

#### **б) дополнительная литература**

1. Бахвалов Н. С., Лапин А. В., Чижонков Е. В. Численные методы в задачах и упражнениях: учеб. пособие для вузов. М. : Высшая школа, 2000. - 190 с.  
[http://www.lib.uniyar.ac.ru/opac/bk\\_cat\\_card.php?rec\\_id=305623&cat\\_cd=YARSU](http://www.lib.uniyar.ac.ru/opac/bk_cat_card.php?rec_id=305623&cat_cd=YARSU)

2. Формалев В. Ф., Ревизников Д. Л. Численные методы: учеб. пособие для вузов. М. : Физматлит, 2004. - 398 с.  
[http://www.lib.uniyar.ac.ru/opac/bk\\_cat\\_card.php?rec\\_id=320089&cat\\_cd=YARSU](http://www.lib.uniyar.ac.ru/opac/bk_cat_card.php?rec_id=320089&cat_cd=YARSU)

3. Соболевский Н. М. Метод Монте-Карло в задачах о взаимодействии частиц с веществом : учебное пособие. М. : ФИЗМАТЛИТ, 2017. - 208 с.  
<https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785922117234.html>

### **9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине**

Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине включает в свой состав специальные помещения:

- учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа;
- учебные аудитории для проведения лабораторных занятий;
- учебные аудитории для проведения групповых и индивидуальных консультаций;
- учебные аудитории для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации;
- помещения для самостоятельной работы;
- помещения для хранения и профилактического обслуживания технических средств обучения.

Специальные помещения укомплектованы средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа к электронной информационно-образовательной среде ЯрГУ.

Автор:

Заведующий кафедрой  
теоретической физики, к.ф.-м.н.

*должность, ученая степень*

А.Я. Пархоменко

*подпись*

*И.О. Фамилия*

**Приложение № 1 к рабочей программе дисциплины  
«Численные методы в физике»**

**Фонд оценочных средств  
для проведения текущего контроля успеваемости  
и промежуточной аттестации студентов  
по дисциплине**

**1. Типовые контрольные задания и иные материалы,  
используемые в процессе текущего контроля успеваемости**

**Примеры заданий для лабораторных работ**

1. Моделирование случайных величин. Оценка интегралов, как площади.
2. Вычисление интегралов, как среднего значения подынтегральной функции. Оценка погрешности метода Монте-Карло.
3. Методы понижения дисперсии при оценке интегралов методов Монте-Карло: существенная выборка, выделение главной части.
4. Численное сравнение решения конкретной системы линейных алгебраических уравнений методами Монте-Карло и простых итераций.
5. Различные способы моделирования длины пробега частиц. Методы максимального сечения и минимальных длин.
6. Моделирование электростатических плазменных волн. Бесстолкновительные ударные волны и их моделирование.
7. Одномерное движение материальной точки в вязкой среде.
8. Анализ модели колебательной системы. Её фазовые кривые.
9. Модель затухающих колебаний.
10. Модель колебательной системы с периодически изменяющейся силой.
11. Моделирование двумерного движения материальной точки в поле сил.
12. Моделирование двумерного движения материальной точки в вязкой среде.
13. Моделирование орбитального движения тела.
14. Модель движения и взаимодействия заряженных частиц.
15. Моделирование двумерного движения системы частиц.
16. Модель движения нескольких планет в гравитационном поле звезды.
17. Модель броуновской частицы.
18. Движение молекул газа в сосуде.
19. Моделирование упругого взаимодействия частиц.
20. Моделирование неупругого взаимодействия частиц.

**2. Список вопросов и (или) заданий для проведения промежуточной аттестации**

**Список вопросов к зачету:**

1. Численные методы решения дифференциальных уравнений в частных производных
  - 1.1 Разносные схемы. Схема бегущего счета. Сходимость. Аппроксимация. Устойчивость.
  - 1.2 Линейные уравнения переноса. Уравнение диффузии. Метод Кранка-Николсона.
  - 1.3 Спектральные методы. Полиномы Чебышева. Метод Галеркина.
2. Методы Монте-Карло

- 2.1 Простейший метод Монте-Карло для вычисления интеграла. Способы уменьшения дисперсии.
- 2.2 Псевдослучайные числа. Квази-случайные числа. Генерация случайных величин с заданной функцией распределения. Общие методы. Методы Монте-Карло с повышенной скоростью сходимости. Адаптивные методы.
- 2.3 Метод Метрополиса.
- 3. Методы решений уравнений гидростатического равновесия. Метод Курица. Метод Ауэра-Михаласа.

## **2. Описание процедуры выставления оценки**

Оценка «зачет» выставляется студенту, который владеет основным объемом знаний по программе дисциплины; знает основную терминологию данной области знаний; логически правильно излагает материал; отвечает на вопросы без существенных ошибок; владеет инструментарием дисциплины, умеет его использовать в решении стандартных (типовых) задач; способен самостоятельно применять типовые решения в рамках рабочей программы дисциплины; знает базовые теории, концепции и направления по изучаемой дисциплине; самостоятельно работал на практических занятиях, участвовал в групповых обсуждениях.

Оценка «незачтено» выставляется студенту, который не владеет основным объемом знаний по программе дисциплины; не знает основную терминологию данной области знаний; логически неправильно излагает материал; отвечает на вопросы с существенными ошибками; не владеет инструментарием дисциплины, не умеет его использовать в решении стандартных (типовых) задач; не способен самостоятельно применять типовые решения в рамках рабочей программы дисциплины; не знает базовые теории, концепции и направления по изучаемой дисциплине; не проявлял самостоятельности при выполнении заданий на практических занятиях, не участвовал в групповых обсуждениях.

## Приложение № 2 к рабочей программе дисциплины «Численные методы в физике»

### Методические указания для студентов по освоению дисциплины

В ходе теоретических занятий преподаватель излагает и разъясняет основные, наиболее сложные понятия темы, а также связанные с ней теоретические и практические проблемы, дает рекомендации и указания на самостоятельную работу. В ходе лекционных занятий необходимо вести конспектирование учебного материала. Желательно задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений. Целью лабораторных занятий является углубление и закрепление теоретических знаний, полученных обучающимися на лекциях и в процессе самостоятельного изучения учебного материала, а, следовательно, формирование у них определенных умений и навыков. В ходе подготовки к лабораторному занятию необходимо прочитать конспект лекции, изучить основную литературу, ознакомиться с дополнительной литературой, выполнить выданные преподавателем практические задания. Необходимо дорабатывать свой конспект лекции, делая в нем соответствующие записи из литературы. Желательно при подготовке к лабораторным занятиям по дисциплине одновременно использовать несколько источников, раскрывающих заданные вопросы. Для успешного освоения дисциплины очень важно решение достаточно большого количества задач, как в аудитории, так и самостоятельно в качестве домашних заданий. Примеры решения задач разбираются на лекциях и лабораторных занятиях, при необходимости по наиболее трудным темам проводятся дополнительные консультации. Обучающимся рекомендуется с самого начала освоения курса работать с литературой и предлагаемыми заданиями в форме подготовки к очередному аудиторному занятию. При этом актуализируются имеющиеся знания, а также создается база для усвоения нового материала, возникают вопросы, ответы на которые обучающийся получает в аудитории.