

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет  
им. Н.И. Лобачевского»**

Физический факультет

---

УТВЕРЖДЕНО

решением президиума Ученого совета ННГУ

протокол № 1 от 16.01.2024 г.

**Рабочая программа дисциплины**

Применение численных методов в физике

---

Уровень высшего образования

Бакалавриат

---

Направление подготовки / специальность

03.03.02 - Физика

---

Направленность образовательной программы

Медицинская физика

---

Форма обучения

очная

---

г. Нижний Новгород

2024 год начала подготовки

## 1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.1.ДВ.01.02 Применение численных методов в физике относится к части, формируемой участниками образовательных отношений образовательной программы.

## 2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

| Формируемые компетенции<br>(код, содержание компетенции)                                                                                                               | Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Наименование оценочного средства   |                              |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|------------------------------|
|                                                                                                                                                                        | Индикатор достижения компетенции<br>(код, содержание индикатора)                                                                                                                          | Результаты обучения по дисциплине                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Для текущего контроля успеваемости | Для промежуточной аттестации |
| УК-3: Способен осуществлять социальное взаимодействие и реализовывать свою роль в команде                                                                              | ИД УК-3: Демонстрация способности осуществлять социальное взаимодействие и реализовывать свою роль в команде                                                                              | ИД УК-3:<br>Овладение навыками осуществлять социальное взаимодействие и реализовывать свою роль в команде                                                                                                                                                                                                                                   | Задачи                             | Зачёт:<br>Задачи             |
| ПК-4: Способен применять профессиональные знания, осуществлять выбор необходимых научных методов исследований для решения задач проектной и инновационной деятельности | ИД ПК-4: Демонстрация способности применять профессиональные знания, осуществлять выбор необходимых научных методов исследований для решения задач проектной и инновационной деятельности | ИД ПК-4:<br>Овладение способностями применять профессиональные знания, осуществлять выбор необходимых научных методов исследований для решения задач проектной и инновационной деятельности, а именно владеть навыками выбора и программирования численных методов решения дифференциальных уравнений в современных средах программирования | Задачи                             | Зачёт:<br>Задания            |

## 3. Структура и содержание дисциплины

### 3.1 Трудоемкость дисциплины

|                                                |              |
|------------------------------------------------|--------------|
|                                                | <b>очная</b> |
| <b>Общая трудоемкость, з.е.</b>                | <b>2</b>     |
| <b>Часов по учебному плану</b>                 | <b>72</b>    |
| в том числе                                    |              |
| <b>аудиторные занятия (контактная работа):</b> |              |
| - занятия лекционного типа                     | <b>8</b>     |

|                                                                          |            |
|--------------------------------------------------------------------------|------------|
|                                                                          |            |
| - занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы) | 24         |
| - КСР                                                                    | 1          |
| самостоятельная работа                                                   | 39         |
| Промежуточная аттестация                                                 | 0<br>Зачёт |

### 3.2. Содержание дисциплины

(структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий)

| Наименование разделов и тем дисциплины                                        | Всего<br>(часы) | в том числе                                                                |                                                                            |             |                                           |
|-------------------------------------------------------------------------------|-----------------|----------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|-------------|-------------------------------------------|
|                                                                               |                 | Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них |                                                                            |             | Самостоятельная работа обучающегося, часы |
|                                                                               |                 | Занятия лекционного типа                                                   | Занятия семинарского типа (практические занятия/лабораторные работы), часы | Всего       |                                           |
|                                                                               | о<br>ф<br>о     | о<br>ф<br>о                                                                | о<br>ф<br>о                                                                | о<br>ф<br>о | о<br>ф<br>о                               |
| Численное решение обыкновенных дифференциальных уравнений.                    | 26              | 3                                                                          | 9                                                                          | 12          | 14                                        |
| Численное решение краевой задачи для обыкновенных дифференциальных уравнений. | 26              | 3                                                                          | 9                                                                          | 12          | 14                                        |
| Численное решение краевой задачи для уравнений в частных производных.         | 19              | 2                                                                          | 6                                                                          | 8           | 11                                        |
| Аттестация                                                                    | 0               |                                                                            |                                                                            |             |                                           |
| КСР                                                                           | 1               |                                                                            |                                                                            |             | 1                                         |
| Итого                                                                         | 72              | 8                                                                          | 24                                                                         | 33          | 39                                        |

#### Содержание разделов и тем дисциплины

1. Приближенное решение обыкновенных дифференциальных уравнений (методы Эйлера, Рунге-Кутты, Адамса, Милна).
2. Краевые задачи для обыкновенных дифференциальных уравнений. Метод прогонки.
3. Приближенные методы решения краевых задач для дифференциальных уравнений с частными производными (эллиптические, параболические уравнения).

#### 4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа обучающихся включает в себя подготовку к контрольным вопросам и заданиям для текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведенным в п. 5.

Виды самостоятельной работы студентов: проработка лекционного материала, выполнение домашних заданий, подготовка к промежуточной аттестации.

## 5. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)

### 5.1 Типовые задания, необходимые для оценки результатов обучения при проведении текущего контроля успеваемости с указанием критериев их оценивания:

#### 5.1.1 Типовые задания (оценочное средство - Задачи) для оценки сформированности компетенции УК-3:

Разработка компьютерной программы для приближенного решения краевой задачи для дифференциальных уравнений какого-либо вида.

#### 5.1.2 Типовые задания (оценочное средство - Задачи) для оценки сформированности компетенции ПК-4:

Разработка компьютерной программы для приближенного решения обыкновенных дифференциальных уравнений любым методом.

#### Критерии оценивания (оценочное средство - Задачи)

| Оценка     | Критерии оценивания                                                                               |
|------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|
| зачтено    | 1. Выбран верный алгоритм. 2. Верно реализован алгоритм. 3. Верная работа компьютерной программы. |
| не зачтено | Невыполнение хотя бы одного критерия на "зачтено".                                                |

### 5.2. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине при промежуточной аттестации

#### Шкала оценивания сформированности компетенций

| Уровень сформированности компетенций (индикатор достижения компетенций) | плохо                                                                                                                     | неудовлетворительно                                                   | удовлетворительно                                                    | хорошо                                                                                            | очень хорошо                                                                                            | отлично                                                                    | превосходно                                                |
|-------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|
|                                                                         | не зачтено                                                                                                                |                                                                       |                                                                      | зачтено                                                                                           |                                                                                                         |                                                                            |                                                            |
| <u>Знания</u>                                                           | Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа | Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки | Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок | Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок | Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок | Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Ошибок нет. | Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки. |
| <u>Умения</u>                                                           | Отсутствие минимальных                                                                                                    | При решении стандартных                                               | Продемонстрированы                                                   | Продемонстрированы                                                                                | Продемонстрированы                                                                                      | Продемонстрированы                                                         | Продемонстрированы все                                     |

|               |                                                                                                            |                                                                                               |                                                                                                           |                                                                                                                                        |                                                                                                                   |                                                                                                                                  |                                                                                                   |
|---------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|
|               | умений.<br>Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа                   | задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки                        | основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме | все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами | все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами | все основные умения. Решены все основные задачи с отдельными и несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме | основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов |
| <u>Навыки</u> | Отсутствие базовых навыков. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа | При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки | Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторым и недочетами                  | Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторым и недочетами                                               | Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов                            | Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов                                                 | Продемонстрирован творческий подход к решению нестандартных задач                                 |

### Шкала оценивания при промежуточной аттестации

| Оценка     |                            | Уровень подготовки                                                                                                                                                                                                                                       |
|------------|----------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| зачтено    | <b>превосходно</b>         | Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне выше предусмотренного программой |
|            | <b>отлично</b>             | Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично».                                                                                                                            |
|            | <b>очень хорошо</b>        | Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо»                                                                                                                        |
|            | <b>хорошо</b>              | Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо».                                                                                                                             |
|            | <b>удовлетворительно</b>   | Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»                                     |
| не зачтено | <b>неудовлетворительно</b> | Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно».                                                                                                                                                                                   |
|            | <b>плохо</b>               | Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»                                                                                                                                                                                                  |

### 5.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения на промежуточной аттестации с указанием критериев их оценивания:

#### 5.3.1 Типовые задания (оценочное средство - Задачи) для оценки сформированности компетенции УК-3

1. Разработка компьютерной программы для приближенного решения обыкновенных дифференциальных уравнений методом Эйлера.
2. Разработка компьютерной программы для приближенного решения обыкновенных дифференциальных уравнений методом Рунге-Кутты.
3. Разработка компьютерной программы для приближенного решения обыкновенных дифференциальных уравнений методом Адамса.
4. Разработка компьютерной программы для приближенного решения краевой задачи для обыкновенных дифференциальных уравнений.
5. Разработка компьютерной программы для приближенного решения краевой задачи для параболических дифференциальных уравнений с частными производными.
6. Разработка компьютерной программы для приближенного решения краевой задачи для эллиптических дифференциальных уравнений с частными производными.

#### Критерии оценивания (оценочное средство - Задачи)

| Оценка     | Критерии оценивания                                                                                                                                                                                 |
|------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| зачтено    | 1. Верно (либо с незначительными неточностями, устранимыми после уточняющего вопроса) работающая компьютерная программа. 2. Способность верно объяснить алгоритм и работу своего программного кода. |
| не зачтено | Невыполнение хотя бы одного критерия на "зачтено".                                                                                                                                                  |

#### 5.3.2 Типовые задания (оценочное средство - Задания) для оценки сформированности компетенции ПК-4

1. В чём заключаются основные теоретические идеи приближенного решения обыкновенных дифференциальных уравнений методом Эйлера.
2. В чём заключаются основные теоретические идеи приближенного решения обыкновенных дифференциальных уравнений методом Рунге-Кутты.
3. В чём заключаются основные теоретические идеи приближенного решения обыкновенных дифференциальных уравнений методом Адамса.

4. В чём заключаются основные теоретические идеи приближенного решения краевой задачи для обыкновенных дифференциальных уравнений.

5. В чём заключаются основные теоретические идеи приближенного решения краевой задачи для параболических дифференциальных уравнений с частными производными.

6. В чём заключаются основные теоретические идеи приближенного решения краевой задачи для эллиптических дифференциальных уравнений с частными производными.

### Критерии оценивания (оценочное средство - Задания)

| Оценка     | Критерии оценивания |
|------------|---------------------|
| зачтено    |                     |
| не зачтено |                     |

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

Основная литература:

1. Демидович Борис Павлович. Численные методы анализа. Приближение функций, дифференциальные и интегральные уравнения : [учеб. пособие для втузов] . - 3-е изд., перераб. - М. : Наука, 1967. - 368 с. : с черт. - Продолж. книги Б. П. Демидовича и И. А. Марона "Основы вычислительной математики". - 0.94., 30 экз.
2. Демидович Б. П. Численные методы анализа. Приближение функций, дифференциальные и интегральные уравнения / Демидович Б. П., Марон И. А., Шувалова Э. З. - 5-е изд., стер. - Санкт-Петербург : Лань, 2022. - 400 с. - Рекомендовано Научно-методическим советом по математике Министерства образования и науки РФ в качестве учебного пособия для студентов вузов, обучающихся по направлениям 510000 «Естественные науки и математика», 550000 «Технические науки», 540000 «Педагогические науки». - Книга из коллекции Лань - Математика. - ISBN 978-5-8114-0799-6., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=799673&idb=0>.
3. Бахвалов Николай Сергеевич. Численные методы : [учеб. пособие для вузов]. - М. : Наука, 1987. - 598 с. : ил. - 1.60., 31 экз.
4. Бахвалов Н.С. Численные методы : учебник / Бахвалов Н.С.; Жидков Н.П.; Кобельков Г.М. - Москва : Лаборатория знаний, 2020. - 636 с. - ISBN 978-5-00101-836-0., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=735442&idb=0>.

Дополнительная литература:

1. Маничев Владимир Борисович. Численные методы. Достоверное и точное численное решение дифференциальных и алгебраических уравнений в САЕ-системах САПР : Учебное пособие / Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана. - 1. - Москва : ООО "Научно-издательский центр ИНФРА-М", 2022. - 152 с. - ВО - Бакалавриат. - ISBN 978-5-16-010366-2. - ISBN 978-5-16-102333-4., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=835050&idb=0>.

2. Численные методы решения задач диффузии: Метод. указания к компьютерному практикуму по курсу "Уравнения математической физики" / Титов К.В. - Москва : МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2009., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=643416&idb=0>.
3. Маничев Владимир Борисович. Численные методы. Достоверное и точное численное решение дифференциальных и алгебраических уравнений в САЕ-системах САПР : Учебное пособие / Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана. - 1. - Москва : ООО "Научно-издательский центр ИНФРА-М", 2022. - 152 с. - ВО - Бакалавриат. - ISBN 978-5-16-010366-2. - ISBN 978-5-16-102333-4., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=835050&idb=0>.
4. Численные методы решения задач диффузии: Метод. указания к компьютерному практикуму по курсу "Уравнения математической физики" / Титов К.В. - Москва : МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2009., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=643416&idb=0>.

Программное обеспечение и Интернет-ресурсы (в соответствии с содержанием дисциплины):

1. Компилятор языка программирования Python.
2. Пакет Wolfram Mathematica.

## **7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)**

Учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной программой, оснащены мультимедийным оборудованием (проектор, экран), техническими средствами обучения, компьютерами.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки/специальности 03.03.02 - Физика.

Автор(ы): Иванов Владимир Анатольевич, кандидат физико-математических наук, доцент.

Заведующий кафедрой: Чупрунов Евгений Владимирович, доктор физико-математических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 09.01.2024, протокол № б/н.