

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**

Методы вычислений и вычислительная физика

---

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.03.01 Методы вычислений и вычислительная физика 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  |
| ПК-1: Способен использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин                                                                           | ИД ПК-1: Демонстрация способности использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин                                                                           | ИД ПК-1:<br>Знание фундаментальных законов и практически ориентированных результатов в области физики для освоения профильных физических дисциплин<br>Умение решать задачи профессиональной деятельности на основе применения знаний в области физики для освоения профильных физических дисциплин<br>Владение навыками применения математических методов в области физики для освоения профильных физических дисциплин для решения задач профессиональной | Задания                            | Зачёт:<br>Контрольные вопросы |
| ПК-3: Способен проводить научные исследования с помощью современной приборной базы, сложного физического оборудования и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта | ИД ПК-3: Демонстрация способности проводить научные исследования с помощью современной приборной базы, сложного физического оборудования и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта | ИД ПК-3:<br>Знание фундаментальных законов и практически ориентированных результатов с помощью современной приборной базы, сложного физического оборудования и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта<br>Умение решать задачи профессиональной                                                                                                                                                                              | Задания                            | Зачёт:<br>Контрольные вопросы |

|  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |  |  |
|--|--|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|
|  |  | деятельности с помощью современной приборной базы, сложного физического оборудования и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта<br>Владение навыками исследований с помощью современной приборной базы, сложного физического оборудования и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта |  |  |
|--|--|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|

### 3. Структура и содержание дисциплины

#### 3.1 Трудоемкость дисциплины

|                                                                          |                          |
|--------------------------------------------------------------------------|--------------------------|
|                                                                          | <b>очная</b>             |
| <b>Общая трудоемкость, з.е.</b>                                          | <b>3</b>                 |
| <b>Часов по учебному плану</b>                                           | <b>108</b>               |
| в том числе                                                              |                          |
| <b>аудиторные занятия (контактная работа):</b>                           |                          |
| - занятия лекционного типа                                               | 26                       |
| - занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы) | 26                       |
| - КСР                                                                    | 1                        |
| <b>самостоятельная работа</b>                                            | <b>55</b>                |
| <b>Промежуточная аттестация</b>                                          | <b>0</b><br><b>Зачёт</b> |

#### 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 (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       |                                           |
|                                                  | 0<br>Ф<br>0  | 0<br>Ф<br>0                                                                | 0<br>Ф<br>0                                                                | 0<br>Ф<br>0 | 0<br>Ф<br>0                               |
| Метод прогонки. Уравнения математической физики. | 21           | 5                                                                          | 5                                                                          | 10          | 11                                        |
| Дискретное Фурье- преобразование.                | 21           | 5                                                                          | 5                                                                          | 10          | 11                                        |

|                                                                                                   |     |    |    |    |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|----|----|----|----|
| Численное моделирование процессов диффузии и теплопроводности в неоднородных и однородных средах. | 21  | 5  | 5  | 10 | 11 |
| Численное моделирование волновых процессов и процессов                                            | 21  | 5  | 5  | 10 | 11 |
| Расчет потенциала электростатического поля в различных областях двумерного пространства.          | 23  | 6  | 6  | 12 | 11 |
| Аттестация                                                                                        | 0   |    |    |    |    |
| КСР                                                                                               | 1   |    |    | 1  |    |
| Итого                                                                                             | 108 | 26 | 26 | 53 | 55 |

### Содержание разделов и тем дисциплины

#### 1. Метод прогонки. Уравнения математической физики.

Метод прогонки численного решения системы алгебраических уравнений с трехдиагональной матрицей.

Уравнения математической физики в частных производных: классификация, граничные и начальные условия.

Шаблоны и варианты разностных схем для уравнений математической физики.

#### 2. Дискретное Фурье- преобразование.

Свойства непрерывного и дискретного преобразования Фурье. Выбор схемы дискретизации.

#### 3. Численное моделирование процессов диффузии и теплопроводности в неоднородных и однородных средах.

Уравнения математической физики в частных производных: классификация, граничные и начальные условия.

Шаблоны и варианты разностных схем для уравнений математической физики. Явная схема интегрирования первого порядка точности и ее устойчивость. Абсолютная устойчивость неявных схем. Неявная схема первого порядка точности.

Неявная схема Кранка-Николсона. Схема Дюфорта-Франкеля.

Разностные схемы численного решения нелинейных уравнений теплопроводности (диффузии).

#### 4. Численное моделирование волновых процессов и процессов переноса вещества.

Уравнения гиперболического типа. Разностные схемы для уравнений малых поперечных колебаний струны, продольных колебаний стержня, одномерного уравнения переноса.

Граничные и начальные условия для одномерного волнового уравнения и уравнения переноса.

Трехслойная разностная схема для одномерного волнового уравнения и ее устойчивость. Схема Лакса для одномерного уравнения переноса.

Устойчивость схемы.

#### 5. Расчет потенциала электростатического поля в различных областях двумерного пространства.

Уравнения эллиптического типа. Двумерное уравнение Пуассона. Граничные условия. Методы численного решения. Преобразование Фурье и циклическая редукция.

Точное решение матричного уравнения.

Практические занятия /лабораторные работы организуются, в том числе, в форме практической подготовки, которая предусматривает участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

На проведение практических занятий / лабораторных работ в форме практической подготовки отводится: очная форма обучения - 26 ч.

### 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.

3. А.А. Самарский, А.В. Гулин. Численные методы. – М.: Наука, 1989. – 429 с. Фонд Фундаментальной библиотеки ННГУ, 2 экз.  
<http://www.lib.unn.ru/php/details.php?DocId=62124>.

## **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 - Задания) для оценки сформированности компетенции ПК-1:**

1. Нестационарное уравнение теплопроводности относится к уравнениям:

- А) параболического типа;
- Б) гиперболического типа;
- В) эллиптического типа.

Правильный ответ: А)

2. Задача Коши заключается в:

- А) нахождении частного решения неоднородного дифференциального уравнения;
- Б) нахождении общего решения (интеграла) дифференциального уравнения;
- В) нахождении решения (интеграла) дифференциального уравнения, удовлетворяющего заданным начальным условиям.

#### **5.1.2 Типовые задания (оценочное средство - Задания) для оценки сформированности компетенции ПК-3:**

1. Граничное условие, что концы струны свободны, для уравнения поперечных колебаний  $\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = V^2 \frac{\partial^2 u}{\partial x^2}$ , имеет вид:

А)  $u(0, t) = u(l, t) = 0$ ;

Б)  $u_t(0, t) = u_t(l, t) = 0$ , где  $u_t = \frac{\partial u}{\partial t}$ ;

В)  $u_x(0, t) = u_x(l, t) = 0$ , где  $u_x = \frac{\partial u}{\partial x}$ .

2. Общее двумерное дифференциальное уравнение второго порядка в частных

производных имеет вид:  $a \frac{\partial^2 \psi}{\partial x^2} + b \frac{\partial^2 \psi}{\partial x \partial y} + c \frac{\partial^2 \psi}{\partial y^2} + d \frac{\partial \psi}{\partial x} + e \frac{\partial \psi}{\partial y} + f \psi + g = 0$ .

Если коэффициенты  $a, b, c, d, e, f, g$  являются функциями  $\psi$ , то уравнение:

- А) нелинейное;
- Б) линейное;
- В) эллиптического типа.

## Критерии оценивания (оценочное средство - Задания)

| Оценка     | Критерии оценивания                                                                                                                                                                                                               |
|------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| зачтено    | успешное выполнение практических заданий, выданных преподавателем, владение программным материалом, понимание сущности рассматриваемых процессов и явлений, умение самостоятельно обозначить точки активного роста нового знания. |
| не зачтено | невыполнение практических заданий, выданных преподавателем, полное непонимание смысла проблем, не достаточно полное владение терминологией, неумение самостоятельно обозначить проблемные ситуации                                |

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

### Шкала оценивания сформированности компетенций

| Уровень сформированности компетенций (индикатора 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 умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа              | При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки | Продemonстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме | Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами | Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами. | Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме | Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов |
| <u>Навыки</u>                                                            | Отсутствие                                                                                                                | При решении                                                                                    | Имеется                                                                                                                      | Продemonс                                                                                                                                                 | Продemonс                                                                                                                             | Продemonс                                                                                                                                         | Продemonс                                                                                                                |

|  |                                                                                                 |                                                                                   |                                                                                 |                                                                                |                                                                               |                                                                         |                                                        |
|--|-------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|
|  | базовых навыков. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа | стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки | минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами | трированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами | трированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов | трированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов | ирован творческий подход к решению нестандартных задач |
|--|-------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|

### Шкала оценивания при промежуточной аттестации

| Оценка     |                     | Уровень подготовки                                                                                                                                                                                                                                       |
|------------|---------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| зачтено    | превосходно         | 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 |
|            | отлично             | Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично».                                                                                                                            |
|            | очень хорошо        | Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо»                                                                                                                        |
|            | хорошо              | Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо».                                                                                                                             |
|            | удовлетворительно   | 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 | неудовлетворительно | Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно».                                                                                                                                                                                   |
|            | плохо               | 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 - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ПК-1**

1. Дифференциальные уравнения математической физики в частных производных второго порядка: методы аналитического и численного решения. Шаблоны, разностные схемы.
2. Двумерное уравнение Пуассона. Фурье-преобразование и циклическая редукция.
3. Одномерное уравнение переноса. Схема Лакса.
4. Трехслойная разностная схема для одномерного волнового уравнения.
5. Уравнение теплопроводности. Метод Кранка-Никольсона.

6. Неявная схема первого порядка точности для одномерного уравнения теплопроводности.
7. Одномерное уравнение теплопроводности. Явная схема первого порядка точности.
8. Критерий устойчивости Неймана разностных схем для дифференциальных уравнений в частных производных математической физики.
9. Точность разностных аппроксимаций дифференциальных операторов.
10. Классификация дифференциальных уравнений математической физики в частных производных второго порядка.

### 5.3.2 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ПК-3

1. Дифференциальные уравнения математической физики в частных производных второго порядка: методы аналитического и численного решения. Шаблоны, разностные схемы.
2. Двумерное уравнение Пуассона. Фурье-преобразование и циклическая редукция.
3. Одномерное уравнение переноса. Схема Лакса.
4. Трехслойная разностная схема для одномерного волнового уравнения.
5. Уравнение теплопроводности. Метод Кранка-Никольсона.
6. Неявная схема первого порядка точности для одномерного уравнения теплопроводности.
7. Одномерное уравнение теплопроводности. Явная схема первого порядка точности.
8. Критерий устойчивости Неймана разностных схем для дифференциальных уравнений в частных производных математической физики.
9. Точность разностных аппроксимаций дифференциальных операторов.
10. Классификация дифференциальных уравнений математической физики в частных производных второго порядка.

### Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольные вопросы)

| Оценка     | Критерии оценивания                                                                                                                                                                                                               |
|------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| зачтено    | успешное выполнение практических заданий, выданных преподавателем, владение программным материалом, понимание сущности рассматриваемых процессов и явлений, умение самостоятельно обозначить точки активного роста нового знания. |
| не зачтено | невыполнение практических заданий, выданных преподавателем, полное непонимание смысла проблем, не достаточно полное владение терминологией, неумение самостоятельно обозначить проблемные ситуации                                |



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

Основная литература:

1. Поттер Д. Вычислительные методы в физике / пер. с англ. Г. В. Переверзева ; под ред. Ю. Н. Днестровского. - М. : Мир, 1975. - 392 с. - 1.40., 3 экз.
2. Годунов Сергей Константинович. Решение систем линейных уравнений / АН СССР, Сиб. отделение, ВЦ. - Новосибирск : Наука, Сиб. отделение, 1980. - 177 с. - 0.60., 4 экз.

Дополнительная литература:

1. Калиткин Николай Николаевич. Численные методы : учеб. пособие для студентов вузов / под ред. А. А. Самарского. - М. : Наука, 1978. - 512 с., 26 табл., 103 рис. : ил. - 1.30., 3 экз.
2. Самарский Александр Андреевич. Введение в численные методы : учеб. пособие для вузов / МГУ им. М. В. Ломоносова. - Изд. 3-е, стер. - СПб. : Изд-во Лань, 2005. - 288 с. : ил. - (Классический университетский учебник). - На шмуцтит.: 250-летию Московского университета. - ISBN 5-8114-0602-9 : 149.00., 1 экз.
3. Самарский Александр Андреевич. Численные методы решения обратных задач математической физики. - М. : Эдиториал УРСС, 2004. - 480 с. - ISBN 5-354-00156-0 : 58.00., 1 экз.

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

- 1) пакеты символьной математики Wolfram Mathematica и MathWorks MATLAB;
- 2) Интернет-ресурсы Фундаментальной библиотеки ННГУ  
<http://www.lib.unn.ru/>.

## **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): Перов Анатолий Александрович, кандидат физико-математических наук, доцент.

Заведующий кафедрой: Бурдов Владимир Анатольевич, доктор физико-математических наук.

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