

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 Ученого совета ННГУ
протокол № 10 от 02.12.2024 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

2025 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 (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства	
	Индикатор достижения компетенции (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: Знание фундаментальных законов и практически ориентированных результатов в области физики для освоения профильных физических дисциплин Умение решать задачи профессиональной деятельности на основе применения знаний в области физики для освоения профильных физических дисциплин Владение навыками применения математических методов в области физики для освоения профильных физических дисциплин для решения задач профессиональной	Задания	Зачёт: 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: Знание фундаментальных законов и практически ориентированных результатов с помощью современной приборной базы, сложного физического оборудования и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта Умение решать задачи профессиональной	Задания	Зачёт: Контрольные вопросы

		деятельности с помощью современной приборной базы, сложного физического оборудования и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта 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

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

	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 30.11.2024, протокол № б/н.