

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

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

Радиофизический факультет

УТВЕРЖДЕНО

решением президиума Ученого совета ННГУ

протокол № 1 от 16.01.2024 г.

Рабочая программа дисциплины

Численные методы и математическое моделирование

Уровень высшего образования

Бакалавриат

Направление подготовки / специальность

03.03.03 - Радиофизика

Направленность образовательной программы

Фундаментальная радиофизика

Форма обучения

очная

г. Нижний Новгород

2024 год начала подготовки

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.ДВ.01.01 Численные методы и математическое моделирование 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 анализировать текущую научную и научно-техническую литературу в области физики и радиофизики	<p>ПК-1.1: Применяет основные методы анализа текущей научной и научно-технической литературы в области физики и радиофизики</p> <p>ПК-1.2: Анализирует текущую научную и научно-техническую литературу в области физики и радиофизики</p>	<p>ПК-1.1: Знание методов приобретения новых научных и профессиональных знаний на основе современных образовательных информационных технологий</p> <p>ПК-1.2: Умение приобретать новые научные и профессиональные знания, используя современные образовательные и информационные технологии</p>	Практическое задание	Зачёт: Практическое задание
<p>ПК-2: Способен осваивать и применять новейшие методы проведения теоретических и экспериментальных исследований в области радиофизики</p>	<p>ПК-2.1: Обладает базовыми знаниями, необходимыми для освоения новейших методов проведения теоретических и экспериментальных исследований в области радиофизики</p> <p>ПК-2.2: Осваивает и применяет новейшие методы проведения теоретических и экспериментальных исследований в области радиофизики</p>	<p>ПК-2.1: Знание методов разработки алгоритмических и программных решений в области системного и прикладного программирования, математических, информационных имитационных моделей, создания информационных ресурсов глобальных сетей, образовательного контента, прикладных баз данных, тестов и средств тестирования систем и средств на соответствие стандартам и</p>	Практическое задание	Зачёт: Практическое задание

		<p>исходным требованиям</p> <p>ПК-2.2:</p> <p>Умение применять методы разработки алгоритмических и программных решений в области системного и прикладного программирования, математических, информационных имитационных моделей, создания информационных ресурсов глобальных сетей, образовательного контента, прикладных баз данных, тестов и средств тестирования систем и средств на соответствие стандартам и исходным требованиям</p>		
--	--	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--	--

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная
Общая трудоемкость, з.е.	2
Часов по учебному плану	72
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	
- занятия лекционного типа	0
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	32
- КСР	1
самостоятельная работа	39
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			Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них			
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Всего	

			(практические занятия/лабораторные работы), часы		
	0 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0
1. Введение. Понятие алгоритма. Классификация задач Понятие сложности алгоритмов.	3	0	2	2	1
2. Методы решения основных задач линейной алгебры	10	0	4	4	6
3. Численное интегрирование.	6	0	2	2	4
4. Численные методы решения нелинейных уравнений	6	0	2	2	4
5. Методы оптимизации	10	0	4	4	6
6. Задача Коши для обыкновенных дифференциальных уравнений	10	0	4	4	6
7. Элементы теории разностных схем	12	0	6	6	6
8. Интерполяция и аппроксимация функций	14	0	8	8	6
Аттестация	0				
КСР	1			1	
Итого	72	0	32	33	39

Содержание разделов и тем дисциплины

Обусловленность систем линейных алгебраических уравнений (СЛАУ). Погрешности. Метод исключения Гаусса.

LU-разложение. Вычисление определителя и обратной матрицы.

Метод прогонки решения СЛАУ ленточного вида.

Итерационные одношаговые методы решения СЛАУ. Метод простой итерации; методы Зейделя, верхней релаксации, Якоби.

Численное интегрирование. Постановка задачи. Формула трапеций и формула Симпсона. Составные квадратурные формулы.

Несобственные интегралы. Метод Филона интегрирования быстро осциллирующих функций. Метод простой итерации.

Итерационные методы решения уравнения с одним неизвестным (скалярный случай). Дихотомия. Методы простой итерации, Ньютона, секущих, парабол.

Методы оптимизации Постановка задачи. Минимум функции одного переменного. Метод золотого сечения, деления отрезка пополам.

Минимум функции многих переменных. Квадратичная функция, ее свойства. Рельеф поверхности уровня. Спуск по координатам.

Градиентные методы. Наискорейший спуск.

Методы второго порядка. Сопряженные направления, их свойства. Метод сопряженных градиентов. Условный экстремум. Метод штрафных функций

Задача на минимум функционала. Постановка задачи. Метод пробных функций. Метод Ритца.

Линейное программирование. Симплекс- метод.

Задача Коши для обыкновенных дифференциальных уравнений Одношаговые методы. Метод Рунге-Кутты и его модификации.

Элементы теории разностных схем. Постановка задачи. Невязка разностной схемы. Аппроксимация. Устойчивость двухслойных разностных схем. Достаточные признаки устойчивости линейных разностных схем по входным данным. Сходимость и порядок точности разностной схемы.

Методы построения разностных схем. Консервативные схемы. Разностная схема для одномерного уравнения теплопроводности в ограниченной области. Явная и неявная схемы.

Разностные схемы для уравнений в частных производных. Уравнение теплопроводности. Одномерное

уравнение колебаний.

Интерполяция и аппроксимация функций Полиномиальная интерполяция. Интерполяционный многочлен Лагранжа. Интерполяционный многочлен Ньютона. Сплайн-интерполяция.

Среднеквадратичная аппроксимация. Системы ортогональных полиномов.

Метод наименьших квадратов.

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 - 4 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.

Используются виды самостоятельной работы студента: в читальном зале библиотеки, в учебных кабинетах (лабораториях), компьютерных классах, с доступом к ресурсам Интернет и в домашних условиях. Порядок выполнения самостоятельной работы соответствует программе курса и контролируется в конце курса при проведении зачета по данной дисциплине.

Самостоятельная работа подкрепляется учебно-методическим и информационным обеспечением, включающим рекомендованные учебники и учебно-методические пособия, а также конспекты лекций:

- во время лекций формулируются проблемы в форме учебно-исследовательских заданий, которые студенты должны решить самостоятельно при подготовке к зачету
- учебно-исследовательские задания для проведения промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины выдаются студентам заранее. В случае необходимости проводятся индивидуальные консультации.

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 - Практическое задание) для оценки сформированности компетенции ПК-1:

1. Нахождение предела последовательности численными методами
2. Решение задач линейной алгебры. Точные и приближенные методы решения линейных систем
3. Численное интегрирование. Метод трапеций, метод Симпсона, метод 3/8.

5.1.2 Типовые задания (оценочное средство - Практическое задание) для оценки сформированности компетенции ПК-2:

1. Решение задачи о поиске экстремума функции 2-х переменных.
2. Численные методы решения задачи Коши.

3. Численные методы решение уравнения теплопроводности

Критерии оценивания (оценочное средство - Практическое задание)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Уровень знаний соответствует минимальным требованиям. Грубые ошибки отсутствуют.
не зачтено	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имеют место грубые ошибки.

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. Имеют 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. Имеют 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 и 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 базовых навыков. Невозможность оценить наличие	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые	Имеется минимальный набор навыков для	Продemonстрированы базовые навыки при решении	Продemonстрированы базовые навыки при решении	Продemonстрированы навыки при решении	Продemonстрирован творческий подход к решению

	навыков вследствие отказа обучающегося от ответа	навыки. Имели место грубые ошибки	решения стандартных задач с некоторым и недочетами	стандартных задач с некоторым и недочетами	стандартных задач без ошибок и недочетов	нестандартных задач без ошибок и недочетов	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 - Практическое задание) для оценки сформированности компетенции ПК-1

1. Выполните отделение корней аналитически и найдите один из корней методами деления с абсолютной погрешностью 0,0001.

$$3x^4 + 4x^3 - 12x^2 - 5 = 0$$

2. Выполните отделение корней графически и найдите один из корней методами простых итераций с абсолютной погрешностью 0,0001.

$$x + \ln(1 + x) = 1.5$$

3. Найдите одно из решений системы уравнений методом Ньютона с абсолютной погрешностью 0,0001.

$$\begin{cases} x^2 + (y - 1)^2 = 1 \\ x^3 + y^3 = 2 \end{cases}$$

4. Для заданной числовой последовательности $a(n)$ найти (т.е. написать программу поиска для любого n) последовательность частичных сумм $S(n)$ последовательности $a(n)$ и найти численно предел $S(n)$,

2.

5.3.2 Типовые задания (оценочное средство - Практическое задание) для оценки сформированности компетенции ПК-2

1. Загрузите данные из csv-файла (comma separated values, разделитель – запятая) "\$\$_Имя_города.csv", где \$\$ - номер Вашего варианта, в двумерный массив (или список) и для каждого заданного столбца данных (кроме первого) и любых 12-ти последовательных строк массива постройте интерполяционный полином Лагранжа, выведите его график на сетке с шагом по осям – 0,1 вместе с исходными точками. Значение «999.9» в массиве означает отсутствие данных и должно быть исключено из анализа.
2. Для любого заданного столбца данных (кроме первого) и любых 6-ти последовательных строк массива выполнить интерполяцию с помощью первой интерполяционной формулы Ньютона (или Лагранжа) и вывести его график.
3. Для следующих 6-ти строчек из массива выполнить интерполяцию с помощью второй формулы Ньютона ($h = 0, 1$), построить график.
4. Для любого заданного столбца данных (кроме первого) и всех строчек массива, не считая строчек с отсутствующими значениями, выполнить аппроксимацию степенным полиномом (степень полинома – 10) и вывести его график.

Критерии оценивания (оценочное средство - Практическое задание)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Все компетенции, на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне, не ниже минимально допустимых.
не	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно».

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	

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

Основная 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. Бахвалов Н. С. Численные методы : учеб. пособие для студентов физ.-мат. спец. вузов / Н. С. Бахвалов, Н. П. Жидков, Г. М. Кобельков. - 3-е изд., перераб. и доп. - М. : Бином. Лаборатория знаний, 2003. - 632 с. : ил. - (Технический университет). - ISBN 5-94774-060-5 : 165.00., 45 экз.
3. Самарский А. А. Численные методы математической физики : учеб. пособие. - 2-е изд. - М. : Научный мир, 2003. - 316 с. - Библиогр.: с. 311 - 312. - Предм. указ.: с. 313 - 315. - ISBN 5-89176-196-3 : 45.00., 1 экз.

Дополнительная литература:

1. Марчук Гурий Иванович. Методы вычислительной математики : учеб. пособие. - 3-е изд. ; перераб. и доп. - М. : Наука, 1989. - 608 с. - 21.00., 3 экз.
2. Федоренко Радий Петрович. Введение в вычислительную физику / под ред. и с доп. А. И. Лобанова. - 2-е, испр. и доп. изд. - Долгопрудный : Интеллект, 2008. - 504 с. - (Физтеховский учебник). - ISBN 978-5-91559-011-2 : 1145.43., 2 экз.

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

Среда для работы на языке Python.

<https://www.anaconda.com/>

<https://pypi.org/project/pypl/>

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 03.03.03 - Радиофизика.

Автор(ы): Лапинова Светлана Александровна, кандидат физико-математических наук.

Рецензент(ы): Мальцев Александр Александрович, доктор физико-математических наук.

Заведующий кафедрой: Павлов Игорь Сергеевич, доктор физико-математических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 18 декабря 2023 года, протокол № 09/23.