

ИНСТИТУТ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ И ТЕХНОЛОГИЙ

**411 ОТДЕЛЕНИЕ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ И ТЕХНОЛОГИЙ ОФИСА ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ
ПРОГРАММ (М)**

ОДОБРЕНО УМС ТФ НИЯУ МИФИ

Протокол № 6

от 23.12.2022 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ И КОМПЬЮТЕРНЫЙ ПРАКТИКУМ

Направление подготовки
(специальность)

[1] 14.03.02 Ядерные физика и технологии

Семестр	Трудоемкость, кред.	Общий объем курса, час.	Лекции, час.	Практич. занятия, час.	Лаборат. работы, час.	В форме практической подготовки/ В СРС, час.	КСР, час.	Форма(ы) контроля, экз./зач./КСР/КП
5	2	72	32	0	24	16	0	3
Итого	2	72	32	0	24	12	16	

АННОТАЦИЯ

Рабочая учебная программа по дисциплине «Численные методы и компьютерный практикум» составлена в соответствии с государственными требованиями к уровню подготовки выпускника по специальности/направлениям 14.03.01 Ядерная энергетика и теплофизика; 14.03.02 Ядерные физика и технологии; 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника; 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника. В рамках данной дисциплины «Методы обработки данных и компьютерный практикум» студенты изучают основные методы численного моделирования, математические алгоритмы, методы обработки экспериментальных данных, и приобретают практические навыки программирования на Питоне.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Целями освоения дисциплины «Численные методы и компьютерный практикум» являются ознакомление студентов с методами численного решения физических задач, с основными методами, возникающими при моделировании на ЭВМ процессов теплообмена, обучение студентов умению применять полученные знания в производственной и научной деятельности, применение современных компьютерных технологий при выполнении домашних заданий, приобретение навыков работы с научной, справочной и электронной литературой. Курс призван обеспечить необходимую общую подготовку студентов в области моделирования и обработки данных в физике.

2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина относится к курсу математического и естественнонаучного цикла. Ее изучение предполагается на 5-м семестре. Изучение курса позволит студентам в дальнейшем освоить основные методы программирования на языке Питон, пользоваться численными методами для решения физических задач, использовать математические библиотеки и пакеты для решения естественно-научных задач. Также студенты получают представление о других существующих программных пакетах и их области применения.

Учебная программа соответствует требованиям ОС НИЯУ МИФИ по направлениям Ядерная энергетика и теплофизика (14.03.01), Ядерные физика и технологии (14.03.02), Теплоэнергетика и теплотехника (13.03.01), Электроэнергетика и электротехника (13.03.02).

3. ФОРМИРУЕМЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Универсальные и(или) общепрофессиональные компетенции:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
ОПК-2 [1] – Способен понимать принципы работы информационных технологий; осуществлять поиск, хранение, обработку и анализ информации из различных источников и баз	З-ОПК-2 [1] – Знать средства и методы поиска, анализа, обработки и хранения информации, в том числе виды источников информации, поисковые системы и системы хранения информации У-ОПК-2 [1] – Уметь осуществлять поиск, хранение, анализ и обработку информации, представлять ее в

данных, представлять ее в требуемом формате с использованием информационных, компьютерных и сетевых технологий	требуемом формате; применять компьютерные и сетевые технологии В-ОПК-2 [1] – Владеть навыком поиска, хранения, обработки и анализа информации из различных источников и баз данных, представлять ее в требуемом формате с использованием информационных, компьютерных и сетевых технологий
ОПК-3 [1] – Способен разрабатывать алгоритмы и компьютерные программы, пригодные для практического применения	3-ОПК-3 [1] – Знать основные принципы и требования к построению алгоритмов, синтаксис языка программирования У-ОПК-3 [1] – Уметь разрабатывать алгоритмы для решения практических задач согласно предъявляемым требованиям В-ОПК-3 [1] – Владеть средой программирования и отладки для разработки программ для практического применения
УКЦ-2 [1] – Способен искать нужные источники информации и данные, воспринимать, анализировать, запоминать и передавать информацию с использованием цифровых средств, а также с помощью алгоритмов при работе с полученными из различных источников данными с целью эффективного использования полученной информации для решения задач	3-УКЦ-2 [1] – Знать: методики сбора и обработки информации с использованием цифровых средств, а также актуальные российские и зарубежные источники информации в сфере профессиональной деятельности, принципы, методы и средства решения стандартных задач профессиональной деятельности с использованием цифровых средств и с учетом основных требований информационной безопасности У-УКЦ-2 [1] – Уметь: применять методики поиска, сбора и обработки информации; с использованием цифровых средств, осуществлять критический анализ и синтез информации, полученной из разных источников, и решать стандартные задачи профессиональной деятельности с использованием цифровых средств и с учетом основных требований информационной безопасности В-УКЦ-2 [1] – Владеть: методами поиска, сбора и обработки, критического анализа и синтеза информации с использованием цифровых средств для решения поставленных задач, навыками подготовки обзоров, аннотаций, составления рефератов, научных докладов, публикаций и библиографии по научно-исследовательской работе с использованием цифровых средств и с учетом требований информационной безопасности

Профессиональные компетенции в соответствии с задачами и объектами (областями знаний) профессиональной деятельности:

Задача профессиональной деятельности (ЗПД)	Объект или область знания	Код и наименование профессиональной компетенции; Основание (профессиональный стандарт-ПС, анализ	Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции
---	----------------------------------	---	--

		опыта)	
	проектный		
Участие в формировании целей проекта, решения задач, критериев и показателей достижения целей, в построении структуры их взаимосвязей, выявлении приоритетов решения задач с учетом аспектов деятельности	Ускорители заряженных частиц, детекторы, ядерные реакторы, энергетические установки, системы обеспечения безопасности	ПК-4 [1] - Способен к расчету и проектированию элементов систем в соответствии с техническим заданием, требованиями безопасности и принципами CDIO <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 24.078	З-ПК-4[1] - знать типовые методики планирования и проектирования систем ; У-ПК-4[1] - уметь использовать стандартные средства автоматизации проектирования;; В-ПК-4[1] - владеть методами расчета и проектирования деталей и узлов приборов и установок в соответствии с техническим заданием , требованиями безопасности и принципами CDIO

4. ВОСПИТАТЕЛЬНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ДИСЦИПЛИНЫ

Направления/цели воспитания	Задачи воспитания (код)	Воспитательный потенциал дисциплин
Профессиональное воспитание	Создание условий, обеспечивающих, формирование чувства личной ответственности за научно-технологическое развитие России, за результаты исследований и их последствия (B17)	1.Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для формирования чувства личной ответственности за достижение лидерства России в ведущих научно-технических секторах и фундаментальных исследованиях, обеспечивающих ее экономическое развитие и внешнюю безопасность, посредством контекстного обучения, обсуждения социальной и практической значимости результатов научных исследований и технологических разработок. 2.Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для формирования социальной ответственности ученого за результаты исследований и их последствия, развития исследовательских качеств посредством выполнения учебно-исследовательских заданий,

		ориентированных на изучение и проверку научных фактов, критический анализ публикаций в профессиональной области, вовлечения в реальные междисциплинарные научно-исследовательские проекты.
Профессиональное воспитание	Создание условий, обеспечивающих, формирование ответственности за профессиональный выбор, профессиональное развитие и профессиональные решения (В18)	Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для формирования у студентов ответственности за свое профессиональное развитие посредством выбора студентами индивидуальных образовательных траекторий, организации системы общения между всеми участниками образовательного процесса, в том числе с использованием новых информационных технологий.

5. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Разделы учебной дисциплины, их объем, сроки изучения и формы контроля:

№ п.п	Наименование раздела учебной дисциплины	Недели	Лекции/ Практ. (семинары)/ Лабораторные работы, час.	Обязат. текущий контроль (форма*, неделя)	Максимальный балл за раздел**	Аттестация раздела (форма*, неделя)	Индикаторы освоения компетенции
	<i>5 Семестр</i>						
1	Первый раздел	1-8	16/0/12		25	КИ-8	3-ОПК-2, У-ОПК-2, В-ОПК-2, 3-ОПК-3, У-ОПК-3,

							В-ОПК-3, 3-ПК-4, У-ПК-4, В-ПК-4, 3-УКЦ-2, У-УКЦ-2, В-УКЦ-2
2	Второй раздел	9-16	16/0/12		25	КИ-16	3-ОПК-2, У-ОПК-2, В-ОПК-2, 3-ОПК-3, У-ОПК-3, В-ОПК-3, 3-ПК-4, У-ПК-4, В-ПК-4, 3-УКЦ-2, У-УКЦ-2, В-УКЦ-2
	<i>Итого за 5 Семестр</i>		32/0/24		50		

	Контрольные мероприятия за 5 Семестр				50	3	В-УКЦ-2, У-ОПК-3, В-ОПК-3, 3-ПК-4, У-ПК-4, В-ПК-4, 3-УКЦ-2, У-УКЦ-2, 3-ОПК-2, У-ОПК-2, В-ОПК-2, 3-ОПК-3
--	--------------------------------------	--	--	--	----	---	---

* – сокращенное наименование формы контроля

** – сумма максимальных баллов должна быть равна 100 за семестр, включая зачет и (или) экзамен

Сокращение наименований форм текущего контроля и аттестации разделов:

Обозначение	Полное наименование
КИ	Контроль по итогам
З	Зачет

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Недели	Темы занятий / Содержание	Лек., час.	Пр./сем., час.	Лаб., час.
	5 Семестр	32	0	24
1-8	Первый раздел	16	0	12

	Одномерные отображения. Определение стационарных точек отображение. Нахождения пороговых значений для стационарных, периодических и хаотических изменений. Вычисление среднего, дисперсии, медианы, среднеквадратичного отклонения.	Всего аудиторных часов		
		0	0	0
		Онлайн		
		0	0	0
	Случайные числа, распределения. Генераторы случайных чисел. Случайные блуждания частицы. Преобразование Фурье для анализа спектра.	Всего аудиторных часов		
		0	0	0
		Онлайн		
		0	0	0
	Методы расчета определенных интегралов Исследование точности различных методов численного интегрирования. Методы прямоугольников, трапеций, Симпсона, Монте-Карло	Всего аудиторных часов		
		0	0	0
		Онлайн		
		0	0	0
1 - 8	Методы работы с векторами и матрицами. Сложение, умножение матриц. Транспонирование матриц. Умножение матрицы на вектор. Нахождение детерминанта. Векторизация алгоритмов. Построение графиков.	Всего аудиторных часов		
		16	0	12
		Онлайн		
		0	0	0
9-16	Второй раздел	16	0	12
	Решение нелинейных уравнений Изучение методов прямого и итерационного решения систем уравнений. Сравнение скорости сходимости методов численного решения трансцендентных уравнений.	Всего аудиторных часов		
		0	0	0
		Онлайн		
		0	0	0
	Методы решения обыкновенных дифференциальных уравнений (ОДУ) Определение скорости сходимости различных методов численного решения ОДУ и влияния на нее порядка аппроксимации разностной схемы. Определение границы устойчивости различных методов численного решения ОДУ. Колебания линейных систем, затухание, резонанс. Параметрический резонанс. Маятник под действием диссипации и внешней периодической силы. Маятник Дюффинга под действием внешней силы. Модель Лоренца.	Всего аудиторных часов		
		0	0	0
		Онлайн		
		0	0	0
9 - 16	Решение систем линейных алгебраических уравнений Метод обратной подстановки. Приведение матрицы к верхнему треугольному виду. Метод исключения Гаусса. Метод итераций Якоби.	Всего аудиторных часов		
		16	0	12
		Онлайн		
		0	0	0

Сокращенные наименования онлайн опций:

Обозначение	Полное наименование
ЭК	Электронный курс
ПМ	Полнотекстовый материал
ПЛ	Полнотекстовые лекции
ВМ	Видео-материалы
АМ	Аудио-материалы
Прз	Презентации

Т	Тесты
ЭСМ	Электронные справочные материалы
ИС	Интерактивный сайт

ТЕМЫ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

Недели	Темы занятий / Содержание
	<i>5 Семестр</i>
	Работа 1. Динамика одномерных отображений. 1. Определить наличие и устойчивость стационарных точек отображения при разных значениях g. Записать 3 значения g и соответствующего x_0, когда есть устойчивая стационарная точка, и одно значение g и x_0, когда нет устойчивых точек и динамика, возможно, хаотическая. Найденные 3 значения g для стационарного режима должны отличаться друг от друга более, чем на 0.01. 2. Задайте в программе значения g, x_0. Эти значения должны соответствовать стационарной динамике отображения (см. Задание 1). Для каждого из трех значений g, найденных в Задании 1, определите стационарное значение x_{stat}. 3. Задайте в программе значения g, x_0, которые соответствуют хаотической динамике. Задайте максимальное значение точек $n_{max}=500$. Найдите среднее значение x_{mean} последних 100 точек, т.е. $x_{400}, x_{401}, \dots, x_{499}$.
	Работа 2. Параметры случайных величин. 1. Дан вектор x из n элементов. Найти медиану этого вектора. Не используйте функцию <code>Numpy</code>, вычисляющую эту величину. Для сортировки вектора x используйте функцию <code>np.sort(x)</code>, которая возвращает отсортированный вектор x. 2. Дана функция $u = F(x, a)$, значения N и a. Сгенерировать N случайных точек на плоскости (x_k, y_k), $k = 1, \dots, N$ (например, для $N=1000$). При этом все $0 < x_k < 1$, $0 < y_k < 1$, и распределены равномерно по этому интервалу. Задайте 3 разных значения a и для каждого a найдите относительное число точек n_{points}, лежащих между кривой $u = F(x, a)$ и осью x. 3. Задан сигнал y от t в файле виде таблицы значений из двух столбцов. Известно, что $y(t) = a_1 \sin(\omega_1 t) + a_2 \sin(\omega_2 t)$. Используя, преобразование Фурье определить значения ω_1, ω_2.
	Работа 3. Численное вычисление определенных интегралов. 1. Найти интеграл от $y(x)$ в интервале $x=[a, b]$ численным методом. Вид функции $y(x)$, интервал и метод указаны в Вариантах. Используйте оператор цикла <code>for</code>, не используйте функции <code>scipy</code>. 2. Исследуйте зависимость погрешности значения

	интеграла $s1$ от шага dx. Для этого последовательно изменяйте значение np и записывайте результаты в переменную $dat1$. Нарисуйте зависимость относительной погрешности значения $s1$ от dx, и по ней определите характер зависимости. В качестве 'точного' значения, используйте результат функции <code>integrate.quad()</code>. 3. Найти интеграл от $y(x)$ в интервале $x=[a, b]$ методом Монте-Карло - 2. Вид функции $y(x)$, интервал и метод указаны в Вариантах. Обратите внимание, интеграл надо взять от абсолютного значения функции $y(x)$.
	Работа 4. Численное решение нелинейных алгебраических уравнений. 1. Найти наименьший положительный корень уравнения $f(x, s) = 0$ в интервале $x=[a, b]$ с относительной погрешностью менее $1e-5$ для разных значений s. Вид функции $f(x, s)$, интервал и численный метод указаны в Вариантах. Не используйте функции <code>scipy</code>. 2. Задана неявная функция $F(x, y) = 0$, и интервал $x=[a, b]$. Найти значения y при трех значениях x. Вид функции $F(x, y)$ и интервал x указаны в Вариантах. Используйте любую из перечисленных функций <code>scipy</code>: <code>optimize.bisect()</code>, <code>optimize.newton()</code>, <code>optimize.brentq()</code>, <code>optimize.fsolve()</code>. 3. Построить зависимость y от x для функции $F(x, y) = 0$ из Задания 2. Для этого задавайте значения x из интервала $[a, b]$, и находите значения y. Найденные пары чисел сохраняйте в переменной $dat1$. Найдите по крайней мере 8 таких пар значений. Постройте график зависимости y от x.
	Работа 5. Методы решения систем линейных алгебраических уравнений. 1. Дана матрица A размера (n,n) и вектор b размера (n). Решить систему линейных уравнений $A x = b$ методом итераций Якоби. Вывести элементы вектора x. 2. Сравнить время решения системы уравнений $A x = b$ различными методами. Определить зависимость времени решения от числа переменных. Методы для сравнения указаны в Вариантах. Для каждого метода определяйте время счета $t1$ и $t2$, и среднюю ошибку $err1$ и $err2$. Постройте графики зависимости времени решения от np и определите примерную зависимость для Метода 1.
	Работа 6. Решение систем обыкновенных дифференциальных уравнений. 1. Дано ОДУ, описывающее движение частицы в потенциале $U=U(x)$: $x'' + dU/dx = 0$. Вид потенциала задан в Вариантах. Написать программу для моделирования данного уравнения. Используйте функцию <code>Scipyodeint()</code>. 2. По потенциалу $U(x)$ или силе $F = -dU/dx$ найдите наименьшую устойчивую стационарную точку $x_{st} > 0$. 3. По потенциалу $U(x)$ определите минимальное значение x_{min} при осцилляциях $x(t)$ при начальных условиях $(1.5 x_{st}, 0)$.

	4. Определите численно частоту малых колебаний возле стационарной точки точек $_{st}$. 5. Дано ОДУ, описывающее движение частицы в потенциале $U=U(x)$ под действием затухания: $x'' + \gamma x' + dU/dx = 0$. Потенциал тот же, что и в Задании 1. Модифицируйте программу из Задания 1. Построить фазовый портрет для $\gamma = 0$, и для $\gamma = 0.1$.
--	--

6. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

При реализации программы дисциплины «Методы обработки данных и компьютерный практикум» используются различные образовательные технологии – во время аудиторных занятий они проводятся в форме лекций и практических (семинарских) занятий. Для контроля усвоения студентом разделов данного курса и приема домашнего задания широко используются тестовые технологии, то есть специальный банк вопросов в открытой и закрытой форме, ответы на которые позволяют судить об усвоении студентом данного курса. Самостоятельная работа студентов подразумевает под собой проработку лекционного материала с использованием рекомендуемой литературы для подготовки к тестам, а также выполнение домашнего задания. Предполагается использование современных образовательных технологий: компьютерная рассылка домашних и зачетных заданий с использованием программы дистанционного обучения НИЯУ МИФИ, в которой также предлагается курс лекций и разбор опорных практических заданий.

7. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Фонд оценочных средств по дисциплине обеспечивает проверку освоения планируемых результатов обучения (компетенций и их индикаторов) посредством мероприятий текущего, рубежного и промежуточного контроля по дисциплине.

Связь между формируемыми компетенциями и формами контроля их освоения представлена в следующей таблице:

Компетенция	Индикаторы освоения	Аттестационное мероприятие (КП 1)
ОПК-2	З-ОПК-2	З, КИ-8, КИ-16
	У-ОПК-2	З, КИ-8, КИ-16
	В-ОПК-2	З, КИ-8, КИ-16
ОПК-3	З-ОПК-3	З, КИ-8, КИ-16
	У-ОПК-3	З, КИ-8, КИ-16
	В-ОПК-3	З, КИ-8, КИ-16
ПК-4	З-ПК-4	З, КИ-8, КИ-16
	У-ПК-4	З, КИ-8, КИ-16
	В-ПК-4	З, КИ-8, КИ-16
УКЦ-2	З-УКЦ-2	З, КИ-8, КИ-16
	У-УКЦ-2	З, КИ-8, КИ-16
	В-УКЦ-2	З, КИ-8, КИ-16

Шкалы оценки образовательных достижений

Шкала каждого контрольного мероприятия лежит в пределах от 0 до установленного максимального балла включительно. Итоговая аттестация по дисциплине оценивается по 100-балльной шкале и представляет собой сумму баллов, заработанных студентом при выполнении заданий в рамках текущего и промежуточного контроля.

Итоговая оценка выставляется в соответствии со следующей шкалой:

Сумма баллов	Оценка по 4-ех балльной шкале	Оценка ECTS	Требования к уровню освоению учебной дисциплины
90-100	5 – <i>«отлично»</i>	A	Оценка «отлично» выставляется студенту, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, использует в ответе материал монографической литературы.
85-89	4 – <i>«хорошо»</i>	B	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твёрдо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос.
75-84		C	
70-74		D	
65-69	3 – <i>«удовлетворительно»</i>	E	Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала.
60-64			
Ниже 60	2 – <i>«неудовлетворительно»</i>	F	Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.

Оценочные средства приведены в Приложении.

8. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

Специальное программное обеспечение не требуется

LMS И ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ:

<https://online.mephi.ru/>

<http://library.mephi.ru/>

9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Специальное материально-техническое обеспечение не требуется

10. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ СТУДЕНТОВ

Аудиторные занятия являются частью общего курса. Поэтому необходимо помнить, что аудиторные занятия дополняются самостоятельной работой студента. При самостоятельной работе следует использовать рекомендуемую литературу, а также ресурсы сети Интернет. Для более успешного освоения материала курса целесообразно перед каждым аудиторным занятием прочитать материал из рекомендованной литературы и из интернет-источников

11. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ

Аудиторные занятия являются частью общего курса. Поэтому необходимо помнить, что аудиторные занятия дополняются самостоятельной работой студента. При самостоятельной работе следует использовать рекомендованную литературу, а также ресурсы сети Интернет. Для более результативного проведения занятий целесообразно провести краткий опрос студентов перед началом занятий, обудив материалы предыдущего занятия и тему предстоящего занятия.

Итоговая оценка по промежуточной аттестации в первую очередь зависит от того, насколько активно студент участвовал в занятиях, участвовал в обсуждении полученных результатов, а также от ответов на дополнительные вопросы.

Автор(ы):

Баясхаланов Михаил Валерьевич