

ИНСТИТУТ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ И ТЕХНОЛОГИЙ
КАФЕДРА ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ФИЗИКИ ЯДЕРНЫХ
РЕАКТОРОВ

ОДОБРЕНО УМС ИЯФИТ

Протокол № 01/0821-573.1

от 31.08.2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ ПО МЕТОДАМ ОПТИМИЗАЦИИ

Направление подготовки
(специальность)

[1] 14.05.01 Ядерные реакторы и материалы

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./КР/КП	
9	2	72	0	0	32		24	16	3
Итого	2	72	0	0	32	16	24	16	

АННОТАЦИЯ

Настоящий курс основан на исключительно интерактивной работе студентов на ЭВМ, так что уже с первой лабораторной работы начинается практическое освоение искусства программирования на языке Фортран, являющимся самым распространенным алгоритмическим языком в области реализации алгоритмов для научных исследований. В рамках лабораторных занятий даются лишь самые необходимые сведения собственно по языку, а основное внимание уделено эффективному составлению алгоритмов и грамотной их реализации в рамках структурного программирования.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Целями освоения учебной дисциплины являются овладение студентами практическими навыками программирования на языке Фортран для последующего их использования в учебно-исследовательской работе, при выполнении курсового и дипломного проектирования, а также в предстоящей научно-исследовательской или опытно-конструкторской работе.

2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Для успешного усвоения дисциплины необходимо предварительно усвоить следующие дисциплины:

1. Высшая математика (дифференциальное и интегральное исчисление).
2. Аналитическая геометрия (системы координат, векторы).
3. Линейная алгебра (линейные пространства, операторы).

3. ФОРМИРУЕМЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Универсальные и(или) общепрофессиональные компетенции:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
--------------------------------	--

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 опыта)	Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции
научно-исследовательский			
Проведение расчетных	Атомный	ПК-2.1 [1] - Способен	З-ПК-2.1[1] - Знать:

исследований и измерений физических характеристик на экспериментальных стендах и установках	ледокольный флот Атомные электрические станции Плавучая АЭС Сфера научных исследований в области ядерной физики и технологий	использовать современные численные методы и профессиональные расчетные пакеты прикладных программ <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 24.078	возможности использования информационных технологий, методы численного анализа, методы определения проблемы и оценки полученных результатов для математического моделирования и анализа теплофизических и нейтронно-физических процессов с применением компьютерных кодов. ; У-ПК-2.1[1] - Уметь: использовать специальные программные обеспечения для решения нейтронно-физических задач, применяя современные экспериментальные, теоретические и компьютерные методы исследований ; В-ПК-2.1[1] - Владеть: навыками работы с современными программными средствами для обеспечения безопасности ядерных установок и материалов
Проведение расчетных исследований и измерений физических характеристик на экспериментальных стендах и установках	Атомный ледокольный флот Атомные электрические станции Плавучая АЭС Сфера научных исследований в области ядерной	ПК-1 [1] - способен создавать теоретические и математические модели, описывающие нейтронно-физические процессы в реакторах, процессы гидродинамики и	3-ПК-1[1] - Знать нейтронно-физические процессы в реакторах, процессы гидродинамики и теплопереноса в активных зонах или воздействие ионизирующего

	физики и технологий	теплопереноса в активных зонах или воздействие ионизирующего излучения на материалы, человека и объекты окружающей среды, системы учета, контроля ядерных материалов <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 24.078	излучения на материалы, человека и объекты окружающей среды, системы учета, контроля ядерных материалов ; У-ПК-1[1] - Уметь создавать теоретические и математические модели в профессиональной области ; В-ПК-1[1] - Владеть навыками работы с современными расчетными программными средствами
Проведение расчетных исследований и измерений физических характеристик на экспериментальных стендах и установках	Атомный флот Атомные электрические станции Плавучая АЭС Сфера научных исследований в области ядерной физики и технологий	ПК-4 [1] - способен применять экспериментальные, теоретические и компьютерные методы исследований в профессиональной области <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 24.078	З-ПК-4[1] - Знать экспериментальные, теоретические и компьютерные методы исследований в профессиональной области ; У-ПК-4[1] - Уметь применять экспериментальные, теоретические и компьютерные методы исследований в профессиональной области; В-ПК-4[1] - Владеть методами интерпретации (анализа) и презентации полученных результатов
организационно-управленческий			
Руководство и управление деятельностью персонала и обеспечение безопасного проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ	Атомный флот Атомные электрические станции Плавучая АЭС Сфера научных исследований в области ядерной	ПК-17 [1] - способен к проведению анализа затрат и результатов деятельности производственных подразделений <i>Основание:</i> Профессиональный	З-ПК-17[1] - Знать критерии оценки результатов деятельности производственных подразделений ; У-ПК-17[1] - Уметь анализировать технико-

	физики и технологий	стандарт: 24.078	экономические показатели продуктов(услуг); В-ПК-17[1] - Владеть проведению анализа затрат и результатов деятельности производственных подразделений
экспертный			
Обобщение результатов, проводимых научноисследовательских и опытно-конструкторских работ с целью выработка предложений по разработке новых и усовершенствованию действующих ядерно-энергетических технологий	Атомный ледокольный флот Атомные электрические станции Плавучая АЭС Сфера научных исследований в области ядерной физики и технологий	ПК-2.5 [1] - способен оценить ядерную и радиационную безопасности при проектировании ЯЭУ, а также средства и методы обеспечения безопасности ЯЭУ <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 24.078	З-ПК-2.5[1] - Знать: методы обнаружения ионизирующего излучения, принципы и конструкции радиационной защиты, использование ALARA принципа и последствия радиационного облучения на здоровье человека Роль и значимость ядерной безопасности, практики и процедуры, обеспечивающие безопасную работу ЯЭУ Роль регулирующих органов и действие регулирования при выполнении работ на АЭС Законодательные и регулятивные требования по безопасному и приемлемому с экологической точки зрения функционированию атомных электростанций ; У-ПК-2.5[1] - Уметь: анализировать и обобщать полученную в ходе исследования информацию;

			В-ПК-2.5[1] - Владеть: навыками конструирования и внедрения новых продуктов или систем, предназначенных для обеспечения радиационной защиты, ядерной безопасности и ядерной физической безопасности
проектный			
Проектирование, создание и внедрение новых продуктов и систем, применение теоретических знаний в реальной инженерной практике	Атомный ледокольный флот Атомные электрические станции Плавучая АЭС Сфера научных исследований в области ядерной физики и технологий	ПК-6 [1] - способен к расчету и проектированию деталей и узлов приборов и установок в соответствии с техническим заданием с использованием стандартных средств автоматизации проектирования <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011	З-ПК-6[1] - Знать методы расчета и проектирования деталей узлов и приборов ; У-ПК-6[1] - Уметь выполнять расчет и проектирование деталей и узлов приборов в соответствии с техническим заданием; В-ПК-6[1] - Владеть навыками применения стандартных средств автоматизации проектирования при расчете и проектировании деталей узлов и приборов

4. ВОСПИТАТЕЛЬНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ДИСЦИПЛИНЫ

Направления/цели воспитания	Задачи воспитания (код)	Воспитательный потенциал дисциплин
-----------------------------	-------------------------	------------------------------------

5. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

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

№ п.п	Наименование раздела учебной дисциплины	Недели	Лекции/ Практик. (семинары)/ Лабораторные работы, час.	Обязат. текущий контроль (форма*, неделя)	Максимальный балл за раздел**	Аттестация раздела (форма*, неделя)	Индикаторы освоения компетенции
	<i>9 Семестр</i>						
1	Первый раздел	1-8			25	КИ-8	3-ПК- 2.1, У- ПК- 2.1, В- ПК- 2.1
2	Второй раздел	9-16			25	КИ-16	3-ПК- 2.1, У- ПК- 2.1, В- ПК- 2.1
	<i>Итого за 9 Семестр</i>		0/0/32		50		
	Контрольные мероприятия за 9 Семестр				50	3	3-ПК- 2.1, У- ПК- 2.1, В- ПК- 2.1

* – 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:

Обозна чение	Полное наименование
КИ	Контроль по итогам
З	Зачет

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Недел и	Темы занятий / Содержание	Лек., час.	Пр./сем. , час.	Лаб., час.
	<i>9 Семестр</i>	0	0	32

1-8	Первый раздел			16
1 - 2	Тема 1. Среда Visual Fortran, основы программирования и отладки программ Создание точки останова (Break point). Варианты пошаговой отладки программы. Окна «Locals» и «Watch» для отображения всех локальных переменных в текущей подпрограмме (или в основной программе), их типа, значений и при необходимости изменения этих значений. Демонстрация возможностей работы с отладчиком Visual Studio 2005 на примере работы с проектом DebugSample. Алгоритм реализации критерия окончания счета при расчете числовых и функциональных рядов. Базовые структуры алгоритмов. Блок операторов и конструкций, ветвление, цикл с параметром, циклы «пока» и «до». Форматный ввод-вывод. Организация простейшего табличного вывода результатов.	Всего аудиторных часов		
				8
		Онлайн		
3 - 4	Тема 2. Отладка программы средствами Visual Studio 2005. Представление функций степенными рядами. Создание точки останова (Break point). Варианты пошаговой отладки программы. Окна «Locals» и «Watch» для отображения всех локальных переменных в текущей подпрограмме (или в основной программе), их типа, значений и при необходимости изменения этих значений. Демонстрация возможностей работы с отладчиком Visual Studio 2005 на примере работы с проектом DebugSample. Алгоритм реализации критерия окончания счета при расчете числовых и функциональных рядов. Базовые структуры алгоритмов. Блок операторов и конструкций, ветвление, цикл с параметром, циклы «пока» и «до». Форматный ввод-вывод. Организация простейшего табличного вывода результатов.	Всего аудиторных часов		
		Онлайн		
5 - 6	Тема 3. Программирование векторно-матричных алгоритмов. Понятия массивов и действий с ними. Алгоритмы вычислений скалярного произведения векторов, произведений: матрицы на вектор, матрицу на матрицу, транспонирования матриц, вычисления обратной матрицы, алгоритмы использования вырезки и сечений матриц. Задание значений именованных констант и оператор DATE. Объявление массивов и присвоение значений элементам массива. Форма массива и границы индексов массива. Динамические массивы. Массивы – формальные параметры. Встроенные функции для работы с массивами. Выражения с массивами и оператор присваивания.	Всего аудиторных часов		
		Онлайн		
7 - 8	Тема 4. Сравнительный анализ алгоритмов аппроксимаций функций Бесселя. Построение графиков. Цилиндрические или Бесселевы функции как основа аналитического решения уравнения диффузии в цилиндрической геометрии. Представление функций Бесселя рядами. Асимптотический вид и аппроксимационные формулы. Математическая	Всего аудиторных часов		
				8
		Онлайн		

	библиотека функций Бесселя $J_0(x)$, $J_1(x)$, $Y_0(x)$ и $Y_1(x)$. Внешние функции для расчета точных значений функций $I_0(x)$, $I_1(x)$, $K_0(x)$ и $K_1(x)$. Алгоритм сравнительного исследования эффективности различных представлений для аппроксимаций функций Бесселя. Табличный и графический вывод результатов исследований. Работа с символьными переменными.			
9-16	Второй раздел			16
9 - 10	Тема 5. Алгоритмы численного интегрирования многомерных функций Алгоритмы численного интегрирования одномерных функций с автоматическим выбором шага интегрирования, модификация алгоритмов на двумерный случай. Анализ эффективности применения различных интерполяционных схем при интегрировании функций с разрывными производными (плотность потока нейтронов). Использование подпрограмм-функций для реализации алгоритмов на Фортране. Особенности использования имени функций в качестве фактических параметров. Блоки интерфейса и атрибут INTRINSIC. Построение таблиц с результатами исследований эффективности различных алгоритмов.	Всего аудиторных часов		
		Онлайн		
11 - 12	Тема 6. Интегральное представление функций Бесселя. Интегральное представление функций Бесселя $J_0(x)$, $J_1(x)$, $I_0(x)$, $I_1(x)$, как частный случай применения алгоритмов численного интегрирования функций, зависящих от параметра, разобранных в теме 5. Алгоритм автоматического выбора величины равномерного шага интегрирования при заданной погрешности вычисления интеграла. Реализация разобранных алгоритмов на Фортране-90. Исследование эффективности алгоритмов интегрального представления функций Бесселя.	Всего аудиторных часов		
				8
		Онлайн		
13 - 14	Тема 7. Разложение функций в ряд по полиномам Лежандра. Функционал среднеквадратичного отклонения и расчет коэффициентов разложения функции в ряд Фурье. Алгоритм вычисления полиномов Лежандра по рекурсии. Свойства ортогональности полиномов Лежандра. Формула квадрата нормы полинома. Использование разложения в ряд по полиномам Лежандра для представления индикатрисы рассеяния и для представления угловой зависимости плотности потока нейтронов в P_n – методе решения газокINETического уравнения. Оценка величины нормы ошибки и алгоритмы численного расчета коэффициентов разложения и погрешности представления.	Всего аудиторных часов		
				8
		Онлайн		
15 - 16	Тема 8. Аппроксимация функций в методе конечных элементов. Работа с файлами в среде Visual Fortran. Интерполяция по Лагранжу. Вывод формул для расчета функций – составляющих решения в отдельном конечном элементе. Введение глобального вектора решений функции в выбранных узловых точках всей системы. Матрицы перехода от глобального вектора к локальному вектору в	Всего аудиторных часов		
		Онлайн		

	заданном конечном элементе. Возможность обеспечения непрерывности решения вдоль всех границ конечных элементов. Использование файлов для ввода и вывода данных. Виды файлов. Операции над внешними файлами.			
--	---	--	--	--

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

6. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Презентации, видеоматериалы.

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)
ПК-2.1	З-ПК-2.1	З, КИ-8, КИ-16
	У-ПК-2.1	З, КИ-8, КИ-16
	В-ПК-2.1	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 – «отлично»	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 – «хорошо»	В	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		С	
70-74		D	
65-69	3 – «удовлетворительно»	Е	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 – «неудовлетворительно»	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:

1. ЭИ М 33 Математические методы системного анализа : учебное пособие для вузов, Санкт-Петербург: Лань, 2021
2. ЭИ Г 65 Методы оптимизации : Учебное пособие для вузов, Москва: Юрайт, 2020
3. 621.039 Ф50 Физико-технические основы современной ядерной энергетики. Перспективы и экологические аспекты : учебное пособие, Долгопрудный: Интеллект, 2014
4. 004 П64 MATLAB 6: среда проектирования инженерных приложений : , В.Г. Потемкин, Москва: Диалог - МИФИ, 2003

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. 004 Б26 Современный Фортран : , О. В. Бартеньев, Москва: Диалог-МИФИ, 2005
2. 004 Н50 Современный Фортран : самоучитель, С.А.Немнюгин, О.Л.Стесик, СПб: БХВ-Петербург, 2005

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

Темы для самостоятельного изучения:

Базовые факторы поведения человека и их влияние на принятие решений.

Оптимизация влияния человеческого фактора на безопасность ядерных объектов.

11. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ

В процессе проведения лабораторных занятий необходимо научить студентов формулировать задачи оптимального проектирования ядерных реакторов и решать их, используя необходимые условия оптимальности и такие численные методы, как: методы безусловной минимизации, проектирования градиентов, штрафных функций и методы линеаризации. Важно, чтобы они понимали особенности этих методов, их область применения и освоили способы получения функциональных производных и расчёта коэффициентов чувствительности функционалов к управляющим параметрам с помощью методов линейной теории возмущений. Особое внимание следует уделить изучению метода линеаризации с использованием алгоритмов линейного программирования.

При организации занятий важное место отводится контролю знаний, включая остаточные знания по моделированию нейтронно-физических процессов. С этой целью задания для контрольной работы (в середине семестра) по расчёту коэффициентов чувствительности полезно формулировать, называя лишь физическую характеристику и приближение, в котором она рассчитывается. Студент должен самостоятельно дать математическую формулировку, используя полученные ранее знания по дисциплине «Физическая теория реакторов» и другим дисциплинам.

Теоретические знания по численным методам решения оптимизационных задач, формулировке и использованию необходимых условий оптимальности проверяются на

экзамене. Практические навыки по применению метода линеаризации и моделированию процессов в реакторах формируются при выполнении лабораторного практикума.

Автор(ы):

Сироткин Алексей Михайлович, к.ф.-м.н., доцент