

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

ИНЖЕНЕРНО-ФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ БИОМЕДИЦИНЫ

КАФЕДРА МЕДИЦИНСКОЙ ФИЗИКИ

ОДОБРЕНО НТС ИФИБ

Протокол № 3.1

от 30.08.2024 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В ФИЗИКЕ

Направление подготовки
(специальность)

[1] 03.03.02 Физика

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
8	2	72	6	30	0		36	0	3
Итого	2	72	6	30	0	0	36	0	

АННОТАЦИЯ

В рамках данной дисциплины изучаются основы разработки компьютерных математических моделей для исследования физических систем и решения различных задач медицинской физики. Рассматриваются примеры математического описания и применения численных методов решения уравнений в рамках программной среды Matlab для исследования физических систем.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Целями освоения учебной дисциплины являются:

- формирование у студентов четкого понимания возможностей и ограничений метода компьютерного моделирования при описании реальных физических систем и
- выработка базовых навыков для методически грамотного подхода к процессу решения физических задач с помощью математического моделирования.

2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Данная дисциплина является заключительной частью программы подготовки медицинского физика в области математического моделирования.

Для освоения данной дисциплины необходимо предшествующее освоение курсов общей физики, высшей математики, ядерной физики основ интроскопии, физики визуализации изображений в медицине, радиационной физики, анатомии и физиологии человека.

Данная дисциплина должна предшествовать изучению дисциплин, посвященным освоению специализированных программных пакетов по моделированию в медицинской физике, а также компьютерному моделированию в медицине.

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			
участие в проведении физических исследований по	биологические объекты различной	ПК-2.3 [1] - Способен формулировать исходные данные,	З-ПК-2.3[1] - знать методику выполнения исследований в

заданной тематике, обработка полученных результатов на современном уровне	организации, источники ионизирующих излучений	выбирать и обосновывать научно-технические и организационные решения в области проектирования для исследований в области медицинской физики, разрабатывать и оформлять соответствующую документацию, эффективно взаимодействовать со специалистами смежных профилей <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011	области медицинской физики, требуемое оборудование, а также нормативную документацию, регламентирующую правила составления и оформления научно-технической документации ; У-ПК-2.3[1] - уметь выбирать методику исследования, наиболее точно удовлетворяющую критериям и целям проведения исследования, обоснованно принимать решения организационного характера; по результатам исследований составлять и оформлять научно-техническую документацию; В-ПК-2.3[1] - владеть навыками постановки цели исследования, проведения исследования, представления результатов научно-исследовательской и инженерно-технологической деятельности в виде отчетов, обзоров, докладов, статей, владеть навыками коммуникации со специалистами смежных профессий
---	---	---	--

4. ВОСПИТАТЕЛЬНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ДИСЦИПЛИНЫ

Направления/цели воспитания	Задачи воспитания (код)	Воспитательный потенциал дисциплин
Интеллектуальное воспитание	Создание условий, обеспечивающих, формирование	Использование воспитательного потенциала дисциплин

	культуры умственного труда (B11)	гуманитарного, естественнонаучного, общепрофессионального и профессионального модуля для формирования культуры умственного труда посредством вовлечения студентов в учебные исследовательские задания, курсовые работы и др.
Профессиональное и трудовое воспитание	Создание условий, обеспечивающих, формирование психологической готовности к профессиональной деятельности по избранной профессии (B15)	Использование воспитательного потенциала дисциплин общепрофессионального модуля для: - формирования устойчивого интереса к профессиональной деятельности, потребности в достижении результата, понимания функциональных обязанностей и задач избранной профессиональной деятельности, чувства профессиональной ответственности через выполнение учебных, в том числе практических заданий, требующих строгого соблюдения правил техники безопасности и инструкций по работе с оборудованием в рамках лабораторного практикума.
Профессиональное воспитание	Создание условий, обеспечивающих, формирование творческого инженерного/профессионального мышления, навыков организации коллективной проектной деятельности (B22)	1.Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для развития навыков коммуникации, командной работы и лидерства, творческого инженерного мышления, стремления следовать в профессиональной деятельности нормам поведения, обеспечивающим нравственный характер трудовой деятельности и неслужебного поведения, ответственности за принятые решения через подготовку групповых курсовых работ и практических заданий, решение кейсов, прохождение практик и подготовку ВКР. 2.Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для: - формирования

		производственного коллективизма в ходе совместного решения как модельных, так и практических задач, а также путем подкрепление рационально-технологических навыков взаимодействия в проектной деятельности эмоциональным эффектом успешного взаимодействия, ощущением роста общей эффективности при распределении проектных задач в соответствии с сильными компетентностными и эмоциональными свойствами членов проектной группы.
--	--	---

Большая часть курса представляет собой набор практических занятий, направленных на практическое ознакомление студентов с принципами разработки математических моделей для изучения различных физических систем. Каждое занятие включает в себя лекционную часть (постановку задачи, ознакомление с теоретическим материалом, необходимым для ее решения) и практическую (написание в среде Matlab программ, реализующих математическую модель). Во время занятия студенты имеют возможность консультироваться друг с другом и с преподавателем по вопросам решения поставленных задач, демонстрируют полученные ими результаты и анализируют их.

5. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

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

№ п.п	Наименование раздела учебной дисциплины	Недели	Лекции/ Практи. (семинары) / Лабораторные работы, час.	Обязат. текущий контроль (форма*, неделя)	Максимальный балл за раздел**	Аттестация раздела (форма*, неделя)	Индикаторы освоения компетенции
	<i>8 Семестр</i>						
1	Часть 1	1-8	4/20/0		25	КИ-8	З-ПК-2.3, У-ПК-2.3, В-ПК-2.3
2	Часть 2	9-12	2/10/0		25	КИ-12	З-ПК-2.3, У-ПК-2.3, В-ПК-2.3
	<i>Итого за 8 Семестр</i>		6/30/0		50		
	Контрольные мероприятия за 8 Семестр				50	3	З-ПК-2.3, У-ПК-2.3, В-ПК-2.3

* – 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.
	<i>8 Семестр</i>	6	30	0
1-8	Часть 1	4	20	0
1	Тема 1. Исходные понятия и определения. Роль моделирования в науке. Математическое подобие объектов. Понятие о вычислительном эксперименте в физике, принцип максимального правдоподобия математических моделей.	Всего аудиторных часов		
		0	3	0
		Онлайн		
		0	0	0
2	Тема 2. Принципы разработки графического интерфейса математических моделей. Программирование интерфейсов в программной среде Matlab. Свойства основных элементов экранного интерфейса.	Всего аудиторных часов		
		1	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
3	Тема 3. Моделирование кинематики материальных точек. Переход между инерциальными и неинерциальными системами отсчета. Моделирование относительного движения в системе трех тел.	Всего аудиторных часов		
		0	3	0
		Онлайн		
		0	0	0
4	Тема 4. Аппроксимация экспериментальных данных с помощью метода наименьших квадратов (МНК). Задачи интерполяции и экстраполяции. Реализация линейного МНК в Matlab. Функции polyfit и lsqcurvefit.	Всего аудиторных часов		
		1	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
5	Тема 5. Модели физических процессов, использующие дифференциальные уравнения 1-го порядка. Алгоритм Эйлера численного решения дифференциальных уравнений. Метод Рунге-Кутты. Решатели дифференциальных уравнений в среде Matlab.	Всего аудиторных часов		
		0	3	0
		Онлайн		
		0	0	0
6	Тема 6. Экспериментальное исследование и моделирование процесса остывания нагретого тела на основе феноменологической модели Ньютона. Применение различных разновидностей МНК для вычисления параметров модели. Сравнение точности методов Эйлера и Рунге-Кутты на примере решения диф. уравнения остывания нагретого тела.	Всего аудиторных часов		
		1	2	0
		Онлайн		
		0	0	0

7	Тема 7. Моделирование статических электрических и магнитных полей. Электрическое поле системы неподвижных зарядов. Магнитное поле витка с постоянным током.	Всего аудиторных часов		
		0	3	0
		Онлайн		
8	Тема 8. Расчет потенциала и напряженности электростатического поля системы неподвижных зарядов с помощью принципа суперпозиции. Визуализация скалярных и векторных полей в Matlab.	Всего аудиторных часов		
		1	2	0
		Онлайн		
9-12	Часть 2	0	0	0
		Всего аудиторных часов		
		2	10	0
9	Тема 9. Моделирование электростатического поля в замкнутой области пространства с помощью уравнений Лапласа и Пуассона. Задача Неймана. Итерационный алгоритм расчета потенциала электрического поля на основе уравнения Пуассона для области с известным потенциалом и напряженностью поля на границах.	Всего аудиторных часов		
		0	3	0
		Онлайн		
10	Тема 10. Моделирование движения электрических зарядов в электрических и магнитных полях.	0	0	0
		Всего аудиторных часов		
		1	2	0
11	Тема 11. Численное решение систем дифференциальных уравнений в Matlab. Моделирование каскада распадов радиоактивных ядер. Модель радиоизотопного ⁹⁹ Mo- ⁹⁹ Tc генератора.	Всего аудиторных часов		
		0	3	0
		Онлайн		
12	Тема 12. Основы метода Монте-Карло. Моделирование случайных распределений. Принципы моделирования распространения гамма-излучения методом Монте-Карло. Особенности моделирования фотоэффекта и когерентного рассеяния.	0	0	0
		Всего аудиторных часов		
		1	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
		Всего аудиторных часов		

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

Дисциплина совмещает в себе традиционные, интерактивные и информационно-коммуникационные образовательные технологии.

Лекции

Лабораторные работы по разработке компьютерных моделей физических процессов

Большая часть курса представляет собой набор практических занятий, направленных на практическое ознакомление студентов с принципами разработки математических моделей для изучения различных физических систем. Каждое занятие включает в себя лекционную часть (постановку задачи, ознакомление с теоретическим материалом, необходимым для ее решения) и практическую (написание в среде Matlab программ, реализующих математическую модель). Во время занятия студенты имеют возможность консультироваться друг с другом и с преподавателем по вопросам решения поставленных задач, демонстрируют полученные ими результаты и анализируют их.

Помимо аудиторной нагрузки, предусмотрена самостоятельная работа студентов. Она заключается в самостоятельном использовании пройденного материала и выполнении исследовательских заданий, предусмотренных в рамках данной дисциплины.

Выполнение лабораторных работ включает численное решение уравнений, лежащих в основе математической модели исследуемой физической системы, а также разработку графического экранного интерфейса пользователя, облегчающего процесс исследования моделируемой системы. Для разработки компьютерной модели в пакете Matlab необходимо изучить с помощью электронного описания и системы интерактивной справки особенности работы операторов, необходимых для решения данной математической задачи. Для повышения эффективности процесса изучения предлагается использовать справочные материалы по Matlab на русском языке, размещенные в сети Internet (в частности, на сайте exponenta.ru). Разработанную в ходе лабораторной работы компьютерную модель предлагается использовать для исследования моделируемой системы. По результатам исследования оформляется отчет, содержащий теоретическое введение с описанием математической модели изучаемых процессов, описание интерфейса модели, результаты исследования и их анализ. Полный текст программы на Matlab оформляется в виде приложения к отчету.

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-2.3	З-ПК-2.3	З, КИ-8, КИ-12
	У-ПК-2.3	З, КИ-8, КИ-12
	В-ПК-2.3	З, КИ-8, КИ-12

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-х 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»	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 – «удовлетворительно»	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 – «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.

8. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. ЭИ П 60 Компьютерное моделирование физических процессов в пакете MATLAB : учебное пособие, Поршневу С. В., Санкт-Петербург: Лань, 2021
2. 519 К59 Математическое моделирование: примеры решения задач : учебно-методическое пособие, Козин Р.Г., Москва: НИЯУ МИФИ, 2010

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. 519 П39 Вычислительные методы. Теория и практика в среде MATLAB: курс лекций : учебное пособие для вузов, Плохотников К.Э., Москва: Горячая линия-Телеком, 2009

2. 53 Г94 Компьютерное моделирование в физике Ч.1 , Гулд Х., М.: Мир, 1990
3. 004 П60 Компьютерное моделирование физических процессов с использованием пакета MathCAD : учебное пособие для вузов, Поршневу С.В., Москва: Горячая линия - Телеком, 2002
4. 530 3-23 Основы вычислительной физики Ч.1 Введение в конечно-разностные методы, Зализняк В.Е., Москва: Техносфера, 2008
5. 519 Д42 Решение математических задач с помощью программных пакетов Scientific Workplace, Scientific Notebook, Mathcad, Mathematica и Matlab : , Давыдов Е.Г., Москва: Либроком, 2012

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

В рамках данной дисциплины изучаются основы разработки компьютерных математических моделей для исследования физических систем и решения различных задач медицинской физики. Рассматриваются примеры математического описания и применения численных методов решения уравнений в рамках программной среды Matlab для исследования физических систем. Курс полностью соответствует требованиям ФГОС.

Целями освоения учебной дисциплины являются:

- формирование у студентов четкого понимания возможностей и ограничений метода компьютерного моделирования при описании реальных физических систем и
- выработка базовых навыков для методически грамотного подхода к процессу решения физических задач с помощью математического моделирования.

Большая часть курса представляет собой набор практических занятий, направленных на практическое ознакомление студентов с принципами разработки математических моделей для изучения различных физических систем. Каждое занятие включает в себя лекционную часть (постановку задачи, ознакомление с теоретическим материалом, необходимым для ее решения) и практическую (написание в среде Matlab программ, реализующих математическую модель). Во время занятия студенты имеют возможность консультироваться друг с другом и с преподавателем по вопросам решения поставленных задач, демонстрируют полученные ими результаты и анализируют их. Таким образом, каждое занятие совмещает в себе традиционные, интерактивные и информационно-коммуникационные образовательные технологии, и на

интерактивную форму обучения в рамках данного курса отводится почти половина аудиторного времени – 15 часов.

Помимо аудиторной нагрузки, 72 часа отведено на самостоятельную работу студентов. Она заключается в самостоятельном использовании пройденного материала и выполнении исследовательских заданий, предусмотренных в рамках данной дисциплины.

Выполнение лабораторных работ включает численное решение уравнений, лежащих в основе математической модели исследуемой физической системы, а также разработку графического экранного интерфейса пользователя, облегчающего процесс исследования моделируемой системы. Для разработки компьютерной модели в пакете Matlab необходимо изучить с помощью электронного описания и системы интерактивной справки особенности работы операторов, необходимых для решения данной математической задачи. Для повышения эффективности процесса изучения предлагается использовать справочные материалы по Matlab на русском языке, размещенные в сети Internet (в частности, на сайте exponenta.ru). Разработанную в ходе лабораторной работы компьютерную модель предлагается использовать для исследования моделируемой системы. По результатам исследования оформляется отчет, содержащий теоретическое введение с описанием математической модели изучаемых процессов, описание интерфейса модели, результаты исследования и их анализ. Полный текст программы на Matlab оформляется в виде приложения к отчету.

11. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ

В рамках данной дисциплины студентам даются знания в области построения компьютерных математических моделей для исследования физических систем и решения различных задач медицинской физики, рассматриваются примеры математического описания и применения численных методов решения уравнений в рамках программной среды Matlab для исследования физических систем.

Целями освоения учебной дисциплины являются:

- формирование у студентов четкого понимания возможностей и ограничений метода компьютерного моделирования при описании реальных физических систем и
- выработка базовых навыков для методически грамотного подхода к процессу решения физических задач с помощью математического моделирования.

Большая часть курса представляет собой набор практических занятий, направленных на практическое ознакомление студентов с принципами разработки математических моделей для изучения различных физических систем. Каждое занятие включает в себя лекционную часть (постановку задачи, ознакомление с теоретическим материалом, необходимым для ее решения) и практическую (написание в среде Matlab программ, реализующих математическую модель). Во время занятия студенты имеют возможность консультироваться друг с другом и с преподавателем по вопросам решения поставленных задач, демонстрируют полученные ими результаты и анализируют их. Таким образом, каждое занятие совмещает в себе традиционные, интерактивные и информационно-коммуникационные образовательные технологии, и на интерактивную форму обучения в рамках данного курса отводится почти половина аудиторного времени – 15 часов.

Помимо аудиторной нагрузки, 72 часа отведено на самостоятельную работу студентов. Она заключается в самостоятельном использовании пройденного материала и выполнении исследовательских заданий, предусмотренных в рамках данной дисциплины.

Выполнение лабораторных работ включает численное решение уравнений, лежащих в основе математической модели исследуемой физической системы, а также разработку графического экранного интерфейса пользователя, облегчающего процесс исследования моделируемой системы. Для разработки компьютерной модели в пакете Matlab необходимо изучить с помощью электронного описания и системы интерактивной справки особенности работы операторов, необходимых для решения данной математической задачи. Для повышения эффективности процесса изучения предлагается использовать справочные материалы по Matlab на русском языке, размещенные в сети Internet (в частности, на сайте exponenta.ru). Разработанную в ходе лабораторной работы компьютерную модель предлагается использовать для исследования моделируемой системы. По результатам исследования оформляется отчет, содержащий теоретическое введение с описанием математической модели изучаемых процессов, описание интерфейса модели, результаты исследования и их анализ. Полный текст программы на Matlab оформляется в виде приложения к отчету.

Автор(ы):

Дубов Леонид Юрьевич