

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
**«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ
Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»**
Институт физики

УТВЕРЖДАЮ
Директор Института физики,
д.ф.м.н., профессор
С.В. Вениг



2021 г.

Рабочая программа дисциплины
Практикум по компьютерному моделированию


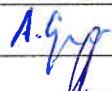

Направление подготовки магистратуры
03.04.02 «Физика»

Профиль подготовки магистратуры
«Медицинская физика»

Квалификация выпускника
Магистр

Форма обучения
очная

Саратов,
2021 г.

Статус	ФИО	Подпись	Дата
Преподаватель-разработчик	Добдин С.Ю.		5.10.21
Председатель НМК	Скрипаль Ан.В.		5.10.21
Заведующий кафедрой	Скрипаль Ал.В.		5.10.21
Специалист Учебного управления	Юшинова И. В.		

1. Цели освоения дисциплины

Целью изучения дисциплины «Практикум по компьютерному моделированию» является формирование у студентов комплекса профессиональных знаний и умений (владений) в области программирования и математического моделирования биофизических явлений в организме человека, а также навыков использования современных систем компьютерной математики для обработки и визуализации результатов измерений.

Задачами изучения дисциплины являются:

- формирование и углубление знаний о видах математических моделей сердечно-сосудистой системы человека;
- формирование навыков описания динамических систем с помощью обыкновенных дифференциальных уравнений;
- получение знаний об основных моделях, описываемых уравнениями в частных производных;
- обеспечение владения методами математической обработки экспериментальных данных.

2. Место дисциплины в структуре ООП магистратуры

Дисциплина «Практикум по компьютерному моделированию» относится к обязательной части, блока Б1 «Дисциплины (модули)» и изучается магистрантами очной формы обучения Института физики СГУ, проходящими подготовку по направлению «Физика», профиль подготовки «Медицинская физика», в течение 1, 2 и 3 учебного семестра. Материал дисциплины опирается на ранее приобретенные студентами знания по современным проблемам физики и методологии научно-исследовательской деятельности.

3. Результаты обучения по дисциплине

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора (индикаторов) достижения компетенции	Результаты обучения
УК-4. Способен применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном(ых) языке(ах), для академического и профессионального взаимодействия	УК-4.1. Демонстрирует интегративные умения, необходимые для выполнения письменного перевода и редактирования различных академических текстов (рефератов, эссе, обзоров, статей и т.д.). УК-4.2. Представляет результаты академической и профессиональной деятельности на различных научных мероприятиях, включая международные. УК-4.3. Владеет жанрами письменной и устной коммуникации в академической сфере, в том числе в условиях межкультурного взаимодействия. УК-4.4. Демонстрирует интегративные умения, необходимые для эффективного участия в	Знать основные термины технической литературы на иностранном (-ых) языке (-ах), которые используются для описания различных алгоритмов проектирования и анализа цифровых сигналов; Уметь использовать сеть интернет и социальные сети в процессе поиска алгоритмов и примеров программного кода для анализа биомедицинского сигнала; Владеть умениями выполнять разные типы перевода академического текста с иностранного (-ых) на государственный язык в профессиональных целях.

	<p>академических и профессиональных дискуссиях.</p> <p>УК-4.5. Демонстрирует интегративные умения выполнять разные типы перевода академического текста с иностранного (-ых) на государственный язык в профессиональных целях.</p> <p>Умеет использовать сеть интернет и социальные сети в процессе учебной и академической профессиональной коммуникации.</p>	
<p>ОПК-1. Способен применять фундаментальные знания в области физики для решения научно-исследовательских задач, а также владеть основами педагогики, необходимыми для осуществления преподавательской деятельности.</p>	<p>ОПК-1.1. Понимает важность применения фундаментальных законов природы и основных физических и математических законов.</p> <p>ОПК-1.2. Аргументированно применяет физические законы и математические методы для решения задач теоретического и прикладного характера.</p> <p>ОПК-1.3. Использует знания физики и математики при решении конкретных задач инженерной деятельности.</p>	<p>Знать основы физических и математических законов при проектировании кровеносной системы человека;</p> <p>Уметь применять физические законы и математические методы для решения задач теоретического и прикладного характера для построения моделей;</p> <p>Владеть знаниями физики и математики при решении конкретных задач инженерной деятельности.</p>
<p>ОПК-2. Способен в сфере своей профессиональной деятельности организовывать самостоятельную и коллективную научно-исследовательскую деятельность для поиска, выработки и принятия решений в области физики.</p>	<p>ОПК-2.1. Находит и критически анализирует информацию, необходимую для решения поставленной задачи.</p> <p>ОПК-2.2. Рассматривает возможные варианты решения задачи, оценивая их достоинства и недостатки.</p> <p>ОПК-2.3. Формулирует в рамках поставленной цели проекта совокупность взаимосвязанных задач, обеспечивающих ее достижение.</p> <p>Определяет ожидаемые результаты решения выделенных задач.</p> <p>ОПК-2.4. Аргументированно выбирает способы и средства измерений и проведения экспериментальных исследований.</p> <p>ОПК-2.5. Способен применять методы обработки и представления полученных данных и оценки погрешности результатов измерений.</p>	<p>Знать возможные варианты решения задачи, оценивая их достоинства и недостатки;</p> <p>Уметь выбирать способы и средства измерений и проведения экспериментальных исследований;</p> <p>Владеть навыками применения методов обработки и представления полученных данных и оценки погрешности результатов измерений при работе с биомедицинскими сигналами.</p>
<p>ОПК-3. Способен применять знания в области информационных технологий, использовать современные компьютерные сети, программные продукты и ресурсы информационно-телекоммуникационной сети "Интернет" (далее - сеть "Интернет") для решения задач профессиональной</p>	<p>ОПК-3.1. Использует информационно-коммуникационные технологии при поиске необходимой информации.</p> <p>ОПК-3.2. Реализует современные принципы поиска, хранения, обработки, анализа и представления в требуемом формате информации.</p> <p>ОПК-3.3. Решает задачи обработки данных с помощью современных средств автоматизации.</p>	<p>Знать современные принципы поиска, хранения, обработки, анализа и представления в требуемом формате информации;</p> <p>Уметь решать задачи обработки данных с помощью современных программных пакетов: python и mathcad;</p> <p>Владеть навыками работы с современными информационными технологиями для подготовки и</p>

<p>деятельности, в том числе находящихся за пределами профильной подготовки.</p>	<p>ОПК-3.4. Соблюдает требования информационной безопасности.</p>	<p>обработки биомедицинских сигналов.</p>
<p>ОПК-4. Способен определять сферу внедрения результатов научных исследований в области своей профессиональной деятельности.</p>	<p>ОПК-4.1. Применяет методы расчета, проектирования, конструирования и модернизации аппаратно-программных комплексов медицинской физики. ОПК-4.2. Осуществляет выбор наиболее оптимальных прикладных программных пакетов для решения медицинских задач в области диагностики состояния человеческого организма.</p>	<p>Знать методы расчета, проектирования, конструирования и модернизации программных комплексов медицинской физики; Уметь применять современные прикладные пакеты для регистрации и анализа биомедицинского оборудования; Владеть основными прикладными программными пакетами для решения медицинских задач в области диагностики состояния человеческого организма.</p>
<p>ПК-1. Способен применять фундаментальные знания в теоретических и прикладных разработках по медицинской физике</p>	<p>ПК-1.1. Проводит критический анализ современной научно-технической литературы и информационных ресурсов. ПК-1.2. Обладает умениями составлять базы данных, готовить научные публикации. ПК-1.3. Знаком с принципами действия измерительных приборов, аппаратно-программных комплексов, автоматизированного и метрологического оборудования в области медицинской физики.</p>	<p>Знать принципы действия измерительных приборов, аппаратно-программных комплексов, автоматизированного и метрологического оборудования в области медицинской физики; Уметь проводить критический анализ современной научно-технической литературы и информационных ресурсов в области медицинской физики; Владеть навыками проектирования и создания баз данных для накопления и хранения информации о биомедицинских сигналах.</p>
<p>ПК-2. Способность проводить научные исследования в избранной области экспериментальных и теоретических физических исследований с помощью современной приборной базы (в том числе сложного физического оборудования)</p>	<p>ПК-2.1. Способен подготовить исходные данные для математического описания физики процесса в заданной физической системе с учетом ее назначения и элементной (электронной, оптической) базы. ПК-2.2. Применяет методики проведения теоретических и экспериментальных физических исследований с помощью современной приборной базы, пакетов автоматизированного проектирования.</p>	<p>Знать способы подготовки исходных данных для математического описания физики процесса в заданной физической системе; Уметь проводить научные исследования в избранной области экспериментальных и теоретических физических исследований с помощью современных программных пакетов; Владеть методикой подготовки исходных данных для математического описания физики процесса в заданной физической системе.</p>
<p>ПК-3. Способен проводить исследования на базе современных информационных и коммуникационных технологий и технических средств</p>	<p>ПК-3.1. Использует инструменты математической обработки информации и результатов с применением современных информационных технологий и технических средств. ПК-3.2. Применяет цифровую технику при обработке данных при соблюдении основных требований информационной безопасности. ПК-3.3. Владеет методологией математического моделирования физических процессов и объектов на базе как стандартных пакетов</p>	<p>Знать основные инструменты математической обработки информации и результатов с применением современных информационных технологий и технических средств; Уметь применять цифровую технику при регистрации и обработке биомедицинских сигналов; Владеть методологией математического моделирования физических процессов и объектов на базе как стандартных пакетов автоматизированного проектирования и исследований, так и</p>

	автоматизированного проектирования и исследований, так и самостоятельно создаваемых оригинальных программ.	самостоятельно создаваемых оригинальных программ.
ПК-4. Способен проводить оценку направлений научного развития исследований и разработок, связанных с областью задач медицинской физики.	ПК-4.1. Способен оценить актуальность решаемой задачи на основе анализа научно-технической литературы и информационных материалов по тематике исследования. ПК-4.2. Анализирует результаты теоретических и экспериментальных исследований, определяет элементы новизны в разработке.	Знать основные направлений научного развития исследований и разработок в области медицинской физики; Уметь анализировать результаты теоретических и экспериментальных исследований при получении и обработке биомедицинских сигналов; Владеть методиками регистрации и анализа биомедицинских сигналов, используя современные математические пакеты.

4. Структура и содержание дисциплины «Практикум по компьютерному моделированию»

Общая трудоемкость дисциплины составляет 10 зачетных единиц, 360 часов; в том числе –164 ч лабораторных работ, 82 ч практическая подготовка по лабораторным работам, 196 часов самостоятельной работы, контроль (в 1, 2 и 3 семестре зачёт с оценкой).

№ п/п	Раздел дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу магистрантов и трудоемкость (в часах)				Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Формы промежуточной аттестации (по семестрам)	
				Лек	Лабораторные		Пр		СРС
					Общая трудоемкость	Из них – практическая подготовка			
Часть 1 «Основы программирования на языке python»									
1	Основы Python и анализа данных	1	1-6		22	10		12	Опрос. Отчёт по лабораторным работам.
2	Предобработка исследовательских данных	1	7-12		23	12		14	Опрос. Отчёт по лабораторным работам.
3	Визуализация данных	1	13-18		23	12		14	Опрос. Отчёт по лабораторным работам. Реферат
	Итого в 1 семестре:				68	34		40	
	Промежуточная аттестация								Зачет с оценкой
Часть 2 «Исследовательский анализ данных и алгоритмы машинного обучения»									
1	Статистический анализ данных	2	1-6		10	4		25	Опрос. Отчёт по лабораторным работам.
2	Исследовательский анализ данных и машинное обучение	2	7-12		10	6		25	Опрос. Отчёт по лабораторным работам.

3	Сбор и хранение данных	2	13-18		12	6		26	Опрос. Отчёт по лабораторным работам. Реферат
	Итого во 2 семестре:				32	16		76	
	Промежуточная аттестация								Зачет с оценкой
Часть 3 «Моделирование биофизических систем»									
1	Понятие о моделировании физических явлений	3	1-2		8	4		10	Опрос. Отчёт по лабораторным работам.
2	Модель Франка кровеносной системы человека, как пример гидродинамической модели	3	3-4		8	4		10	Опрос. Отчёт по лабораторным работам.
3	Модели, описываемые уравнениями в частных производных	3	5-6		8	4		12	Опрос. Отчёт по лабораторным работам.
4	Уравнение теплопроводности	3	7-9		8	4		12	Опрос. Отчёт по лабораторным работам.
5	Модель температурной волны, как пример модели с распределенными параметрами	3	10-12		8	4		12	Опрос. Отчёт по лабораторным работам.
6	Методы частотно-временного спектрального анализа на основе вейвлетов различных видов	3	13-15		12	6		12	Опрос. Отчёт по лабораторным работам.
7	Методы упрощения математических моделей на примере уравнения Пеннеса	3	16-18		12	6		12	Опрос. Отчёт по лабораторным работам. Реферат
	Итого в 3 семестре:				64	32		80	
	Промежуточная аттестация								Зачет с оценкой
	Общая трудоемкость дисциплины				360				

Содержание дисциплины

1. Основы программирования на языке python

1.1. Основы Python и анализа данных.

Целые числа, ввод-вывод, простые операции со строками. Вещественные числа и операции над ними. Условный оператор, цикл while и цикл for. Функции и рекурсия. Кортежи, списки и их сортировка. Множества и словари. Введение в объектно-ориентированное программирование (ООП).

1.2. Предобработка исследовательских данных.

Подключение и работа с библиотекой numpy. Подключение и работа с библиотекой pandas. Срезы данных и логическое индексирование. Предобработка данных: пропуски, некорректные данные и дубликаты. Изменение типов данных.

1.3. Визуализация данных.

Библиотека matplotlib. Точечная и линейная диаграмма. Построение гистограмм и столбчатых диаграмм. Построение boxplot.

2. Исследовательский анализ данных и алгоритмы машинного обучения

2.1. Статистический анализ данных.

Среднее значение, медиана, мода и диапазон. Элементы теории вероятности: дисперсия и стандартное отклонение. Группировка и агрегирование данных. Взаимосвязь данных. Проверка гипотезы.

2.2. Исследовательский анализ данных и машинное обучение.

Регрессионный анализ. Классификация. Деревья решений. Нейронные сети. Кластеризация.

2.3. Сбор и хранение данных.

Работа с файлами формата csv и excel. Работа с файлами формата txt. Чтение и запись JSON-файлов. Чтение html-файлов из интернета, парсинг данных, API. Чтение из базы данных SQL, запись в базу данных SQL. Операторы для работы с базой данных в библиотеке sqlite3. Представление результатов в Jupyter Notebook – Python.

3. Моделирование биофизических систем

3.1. Понятие о моделировании физических явлений.

Примеры физических моделей. Виды моделей (линейная / нелинейная, детерминированная / стохастическая, с сосредоточенными параметрами / с распределенными параметрами, дискретные/ непрерывные, статические/динамические).

3.2. Модель Франка кровеносной системы человека, как пример гидродинамической модели. Понятие о ньютоновской жидкости. Вывод уравнения Пуазейля. Вывод выражений для скорости объемного кровотока, гидравлического сопротивления, скорости оттока крови в систолу/диастолу.

3.3 Модели, описываемые уравнениями в частных производных. Обыкновенные дифференциальные уравнения (ДУ) и уравнения в частных производных.

Общее и частное решение ДУ, порядок ДУ, задача Коши, начальные и граничные условия. Уравнение Ньютона-Рихмана, физический смысл. Уравнение Ферхюльста, физический смысл. Уравнение теплопроводности, физический смысл. Волновое уравнение, физический смысл.

3.4 Уравнение теплопроводности. Конечно-разностная аппроксимация уравнения. Физический и геометрический смысл 1-х, 2-х производных по времени и координате.

3.5 Модель температурной волны, как пример модели с распределенными параметрами. Причина появления тепловых волн в почве. Уравнение температурной волны. Вид пространственного и временного распределения температуры. Понятие о длине диффузии тепловой волны.

3.6 Методы частотно-временного спектрального анализа на основе вейвлетов различных видов.

3.7 Методы упрощения математических моделей на примере уравнения Пеннеса.

Перечень лабораторных работ

Лабораторные работы в 1 семестре по Части 1 «Основы программирования на языке python»

1. Использование функций и элементов ООП для структуризации программ.
2. Предобработка исследовательских данных.
3. Визуализация данных с использованием библиотеки `matplotlib.pyplot`.
4. Статистический анализ данных и проверка гипотез.
5. Регрессионный анализ данных в алгоритмах машинного обучения.

Лабораторные работы во 2 семестре по Части 2 «Исследовательский анализ данных и алгоритмы машинного обучения»

1. Классификация данных в алгоритмах машинного обучения.
2. Применение нейронных сетей в алгоритмах глубокого обучения.
3. Работа с большими данными с использованием баз данных и SQL.
4. Парсинг данных в сети интернет на примере работы с API
5. Моделирование кровотока в сонной, лучевой, бедренной артериях на основе уравнения Пуазейля.

Лабораторные работы в 3 семестре по Части 3 «Моделирование биофизических систем»

1. Моделирование сердечного выброса с использованием модели сосудистой системы Франка.
2. Генерация суррогатных данных.
3. Генерация траектории броуновского движения.
4. Решение уравнения теплопроводности конечно-разностным методом.
5. Анимация трехмерных данных на примере процесса распространения тепловой волны.

5. Образовательные технологии, применяемые при освоении дисциплины

В преподавании дисциплины «Практикум по компьютерному моделированию» используются следующие образовательные технологии:

- Информационно-коммуникационные технологии
- Исследовательские методы в обучении
- Проблемное обучение

Лабораторные занятия по компьютерному моделированию выполняются в лабораторном практикуме.

Практическая подготовка при реализации данной дисциплины направлена на формирование практических навыков и компетенций по профилю образовательной программы в процессе выполнения лабораторных работ, в ходе которых студенты осваивают специфику моделирования и анализа биофизических систем с использованием современных программных математических пакетов.

Условия обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья:

- предоставление инвалидам по зрению или слабовидящим возможностей использовать крупноформатные наглядные материалы;
- организация коллективных занятий в студенческих группах с целью оказания помощи в получении информации инвалидам и лицам с ограниченными возможностями по здоровью;
- проведение индивидуальных коррекционных консультаций для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья.
- использование индивидуальных графиков обучения
- использование дистанционных образовательных технологий

6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы магистрантов. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.

Самостоятельная внеаудиторная работа магистрантов по дисциплине проводится в течение всего учебного семестра (периода освоения дисциплины) и заключается в чтении и изучении литературы, подготовке к лабораторным занятиям, в выполнении заданий преподавателя, работе в компьютерном классе или библиотеке.

Рекомендуется:

- для качественного усвоения материала разбирать вопросы, рассмотренные на каждом занятии, до следующего, по непонятым деталям консультироваться у преподавателя, читать соответствующую литературу;
- при подготовке к лабораторным занятиям тщательно изучать тему предстоящей работы, задавать уточняющие вопросы преподавателю;
- задания, которые даются преподавателем во время занятий по отдельным вопросам, обязательны для выполнения, и качество их выполнения будет проверяться во время зачёта.

Перечень заданий самостоятельной работы, предлагаемых студентам в ходе занятий:

1. Моделирование гемодинамических процессов на основе метода конечных элементов.
2. Определение адекватности модели исследуемому объекту.
3. Построение электротепловых моделей биофизических процессов.
4. Методы спектральных чирплет и койфлет преобразований экспериментальных данных.
5. Метод декомпозиции эмпирических мод в анализе экспериментальных сигналов.
6. Сопоставление преобразования Фурье и преобразование Лапласа.
7. Визуализация частотно-временных спектров.

При реализации программы дисциплины «**Практикум по компьютерному моделированию**» магистрантам предлагается подготовить реферат в каждом семестре.

Темы рефератов в 1 семестре по Части 1 «Основы программирования на языке python»

1. Современные высокоуровневые языки программирования.
2. Языки программирования для реализации алгоритмов машинного обучения.
3. Статистический анализ и проверка гипотез.
4. Регрессионный анализ в алгоритмах машинного обучения.
5. Классификация в алгоритмах машинного обучения.

Темы рефератов во 2 семестре по Части 2 «Исследовательский анализ данных и алгоритмы машинного обучения»

1. Деревья решений для анализа биомедицинских сигналов.
2. Нейронные сети в алгоритмах глубокого обучения для анализа биомедицинских сигналов.
3. Программные пакеты для проектирования и анализа биофизических систем.
4. Виды моделей (линейная / нелинейная, детерминированная / стохастическая, с сосредоточенными параметрами / с распределенными параметрами, дискретные/ непрерывные, статические/динамические).
5. Модель Франка кровеносной системы человека, как пример гидродинамической модели.

Темы рефератов в 3 семестре по Части 3 «Моделирование биофизических систем»

1. Модели, описываемые уравнениями в частных производных.
2. Уравнение теплопроводности. Конечно-разностная аппроксимация уравнений.
3. Модель температурной волны, как пример модели с распределенными параметрами.
4. Методы частотно-временного спектрального анализа на основе вейвлетов различных видов.
5. Методы упрощения математических моделей на примере уравнения Пеннса.

Рефераты выполняются под руководством преподавателя и должны содержать элементы литературного обзора по теме, анализа в соответствии с конкретной спецификой выбранной темы. Рефераты следует выполнять в течение всего семестра с периодическим обсуждением результатов с преподавателем.

7. Данные для учета успеваемости студентов в БАРС

Таблица 1.1 Таблица максимальных баллов по видам учебной деятельности

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Семестр	Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	Самостоятельная работа	Автоматизированное тестирование	Другие виды учебной деятельности	Промежуточная аттестация	Итого
1	0	40	0	40	0	20	0	100
2	0	40	0	40	0	20	0	100
3	0	40	0	40	0	20	0	100

Программа оценивания учебной деятельности студента

1,2,3 семестр

Лекции:

Не предусмотрены.

Лабораторные занятия:

Корректность выполнения лабораторных работ и устные отчеты по ним (от 0 до 40 баллов):

1. Лабораторная работа № 1 (от 0 до 10 баллов).
2. Лабораторная работа № 2 (от 0 до 10 баллов).
3. Лабораторная работа № 3 (от 0 до 10 баллов).
4. Лабораторная работа № 4 (от 0 до 10 баллов).

Практические занятия:

Не предусмотрены.

Самостоятельная работа:

Оформление отчетов по лабораторным работам (от 0 до 40 баллов).

1. Лабораторная работа № 1 (от 0 до 10 баллов).
2. Лабораторная работа № 2 (от 0 до 10 баллов).
3. Лабораторная работа № 3 (от 0 до 10 баллов).
4. Лабораторная работа № 4 (от 0 до 10 баллов).

Автоматизированное тестирование:

Не предусмотрено.

Другие виды учебной деятельности:

Реферат по выбранной теме (от 0 до 20 баллов).

Промежуточная аттестация (зачёт с оценкой)

Зачет выставляется по результатам выполнения лабораторных работ, отчёта по ним, написания реферата и участия в его обсуждении.

Таким образом, максимально возможная сумма баллов за все виды учебной деятельности студента за каждый (1, 2, 3) семестр по дисциплине «**Практикум по компьютерному моделированию**» составляет 100 баллов.

Таблица 2.2 Таблица пересчета полученной студентом суммы баллов по дисциплине «Практикум по компьютерному моделированию» в оценку (зачёт с оценкой)

86 - 100 баллов	«отлично»/зачтено
70 - 85 баллов	«хорошо»/зачтено
50 - 69 баллов	«удовлетворительно»/зачтено
меньше 50 баллов	«неудовлетворительно»/не зачтено

Текущие индивидуально набранные студентами баллы доводятся до их сведения 2 раза за семестр: в середине семестра и за несколько дней до промежуточной аттестации.

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) литература:

1. Н.А. Прохоренок Python. Самое необходимое / Н. А. Прохоренок. - Санкт-Петербург : БХВ-Петербург, 2011. 408 с. (в НБ СГУ 11 экз.)
2. Р.А. Сузи Язык программирования Python: учеб. пособие / Р. А. Сузи. - Москва : Интернет-Ун-т Информ. Технологий; [Б. м.] : БИНОМ. Лаб. знаний, 2006. 326 (в НБ СГУ 120 экз.).
3. В. А. Охорзин. Прикладная математика в системе MATHCAD: учеб. Пособие. 3-е изд., стер. Санкт-Петербург; Москва; Краснодар: Лань, 2009. 348 (в НБ СГУ 32 экз.).
4. Е. Г. Макаров. Инженерные расчеты в Mathcad 15. Учебный курс. Москва; Санкт-Петербург: Питер, 2011. 399 с. (в НБ СГУ 12 экз.)
5. Р. П. Федоренко Введение в вычислительную физику: учеб. пособие для вузов под ред. А. И. Лобанова. 2-е изд., испр. и доп. Долгопрудный : Интеллект, 2008. 503 с. (в НБ СГУ 25 экз.).
6. В. И. Киреев, А. В. Пантелеев. Численные методы в примерах и задачах: учеб. пособие.- 2-е изд., стер. - Москва : Высш. шк., 2006. 479 с. (в НБ СГУ 12 экз.).
7. Ю. Е. Воскобойников. Регрессионный анализ данных в пакете MATHCAD: учебное пособие. Санкт-Петербург; Москва; Краснодар: Лань, 2011. 223 (в НБ СГУ 13 экз.)
8. Д. С. Уоткинс. Основы матричных вычислений Fundamentals of Matrix Computations; ведущий ред. И. А. Маховая; ред. А. Попов ; пер. со 2-го англ. изд. В. Е. Кондрашова, С. Б. Королёва. - Москва : БИНОМ. Лаб. знаний, 2006. - 664 с (в НБ СГУ 18 экз.)

9. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Занятия по дисциплине «**Практикум по компьютерному моделированию**» проводятся в аудиториях, оснащенных компьютерной техникой, проекторами, мультимедийными установками и пр. (презентации, плакаты).

Место проведения практической подготовки: учебная лаборатория по полупроводниковой технике Института физики.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению 03.04.02 «Физика» с учётом профиля подготовки «Медицинская физика».

Автор, доцент Добдин С.Ю.

Программа одобрена на заседании кафедры медицинской физики
от 5 октября 2021 г., протокол № 2.