

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Университет «Дубна»
(государственный университет «Дубна»)

Филиал «Протвино»
Кафедра «Техническая Физика»

УТВЕРЖДАЮ
Директор

_____ /Евсиков А.А./
подпись Фамилия И.О.

« 30 » июня 2023 г.

Рабочая программа дисциплины (модуля)

Численные методы и математическое моделирование

наименование дисциплины (модуля)

Направление подготовки (специальность)

03.03.02 Физика

код и наименование направления подготовки (специальности)

Уровень высшего образования

бакалавриат

бакалавриат, магистратура, специалитет

Направленность (профиль) программы (специализация)

«Медицинская физика»

Форма обучения

очная

очная, очно-заочная, заочная

Протвино, 2023

Преподаватель:

Масликов А.А., к.ф.-м.н., доцент, кафедра «Техническая Физика»

Фамилия И.О., должность, ученая степень, ученое звание, кафедра; подпись

Рабочая программа разработана в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки (специальности) высшего образования

03.03.02 Физика

(код и наименование направления подготовки (специальности))

Программа рассмотрена на заседании кафедры «Техническая Физика»

(название кафедры)

Протокол заседания №7 от « 28 » июня 2023 г.

И.о. заведующего кафедрой профессор _____ Ющенко О.П.

(Фамилия И.О., подпись)

Эксперт (рецензент):

(Ф.И.О., ученая степень, ученое звание, место работы, должность; если текст рецензии не прикладывается – подпись эксперта (рецензента), заверенная по месту работы)

Оглавление

1 Цели и задачи освоения дисциплины.....	4
2 Место дисциплины в структуре ОПОП	4
3 Планируемые результаты обучения по дисциплине	5
4 Объем дисциплины	6
5. Содержание дисциплины.....	7
6 Перечень учебно-методического обеспечения по дисциплине	12
7 Фонды оценочных средств по дисциплине	12
8 Ресурсное обеспечение	13
Приложение к рабочей программе дисциплины	17

1 Цели и задачи освоения дисциплины

Дисциплина «Численные методы и математическое моделирование.» (ЧМиММ) **имеет целью** сформировать у обучающихся профессиональные УК-1; ОПК-1; ПК-2; ПК-3 компетенции в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки бакалавров 03.03.02 «Физика» с учетом направленности бакалаврской программы – «Медицинская физика».

Целью дисциплины является приобретение практических навыков использования численных методов для решения задач обработки эксперимента и математического моделирования процессов. В большинстве случаев для решения подобных задач уже существуют готовые программные комплексы. Однако студенты должны иметь ясное представление об основных методах математического моделирования процессов. Это позволит создавать конкретные математические модели, выбирать подходящий для решения конкретной задачи программный комплекс, правильно интерпретировать получаемые результаты. Навыки полученные при изучении данной дисциплины могут применяться в курсах «Атомная физика», «Механика сплошных сред», «Физика атомного ядра и элементарных частиц», «Электродинамика», «Квантовая теория», «Термодинамика и статистическая физика», «Физика конденсированного состояния».

При реализации цели предусматривается решение следующих задач:

Изучить:

- основные типы математических моделей;
- показатели, характеризующие качество той или иной модели;
- типы критериев лежащих в основе достоверных статистических выводов.

Овладеть:

- техникой построения математических моделей физических процессов, постановки задач и выбора адекватных методов их решения;
- способностью применять модели и методы, изучаемые в курсе, к решению практических задач.

Областями профессиональной деятельности в рамках изучаемой дисциплины (модуля) являются:

- атомная промышленность (в сфере обеспечения жизненного цикла (исследование, проектирование и разработка современного уникального оборудования, производство, наладка, эксплуатация) оборудования ускорительных комплексов как медицинского назначения, так и используемых для проведения исследований в области физики высоких энергий, физических установок, в том числе, медицинского назначения для обеспечения эффективного и безопасного развития атомной отрасли);

- сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в сферах проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по тематике организации, управления результатами научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ с целью производства современного оборудования, обеспечивающего совершенствование ядерно-энергетических технологий).

2 Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Численные методы и математическое моделирование.» Б1.О.09.02 относится к основной части блока дисциплин, модуля «Информатика» Б1.О.09.

Дисциплина преподается в IV семестре II курса и в V семестре III курса.

Приступая к изучению дисциплины «Численные методы и математическое моделирование.», студент должен иметь твердые знания по предметам «Линейная алгебра и аналитическая геометрия», «Математический анализ», «Теория вероятностей и математическая ста-

стика», «Дифференциальные уравнения», а также предполагается знание основ программирования на C++.

3 Планируемые результаты обучения по дисциплине

Формируемые компетенции (код и наименование)	Индикаторы достижения компетенций (код и формулировка)	Планируемые результаты обучения по дисциплине	
<p><i>УК-1. Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач.</i></p>	<p>УК-1.1. Анализирует задачу, выделяя ее базовые составляющие.</p>	<p>Уметь применять системный подход для анализа проблемной ситуации</p> <p>Уметь выявлять составляющие проблемной ситуации и связи между ними</p>	
	<p>УК-1.4. При обработке информации отличает факты от мнений, интерпретаций, оценок, формирует собственные мнения и суждения, аргументирует свои выводы и точку зрения.</p>	<p>Уметь грамотно, логично, аргументировано разрабатывать стратегию решения проблемной ситуации.</p> <p>Уметь применять системный и междисциплинарный подход для разработки стратегии решения проблемной ситуации.</p>	
	<p>УК-1.5. Рассматривает и предлагает возможные варианты решения поставленной задачи, оценивая их достоинства и недостатки.</p>	<p>Знать основные методы оценки и предотвращения рисков разных сценариев решения профессиональных задач.</p> <p>Уметь формулировать различные сценарии стратегии решения проблемной ситуации.</p> <p>Уметь оценивать достоинства, недостатки и риски различных сценариев стратегии решения проблемной ситуации.</p>	
	<p><i>ОПК-1. Способен применять базовые знания в области физико-математических и (или) естественных наук в сфере своей профессиональной деятельности.</i></p>	<p>ОПК-1.1. Применяет математические, естественнонаучные, социально-экономические и профессиональные знания для решения научно-исследовательских задач</p>	<p>Знает современные проблемы и новейшие достижения физики и медицины, современные достижения науки и передовой технологии.</p> <p>Умеет использовать современные информационные и компьютерные технологии, средства коммуникаций, способствующие повышению эффективности научной и образовательной сфер деятельности</p>
		<p>ОПК-1.2. Применяет системы и методы теоретических оценок и расчетов для экспериментов на ускорителях, реакторах и других</p>	<p>Знает основные источники и методы получения профессиональной информации, направления научных исследований, лежащих в основе выполняемого физического эксперимента</p>

	ядерно-физических установок	Знает физические и математические модели для теоретического и экспериментального исследования закономерностей в области физики и медицины
	ОПК-1.3. Выявляет закономерности физических процессов, лежащих в основе выполняемого физического эксперимента и приборов, используя базовые знания	Умеет сформулировать конкретную физическую задачу, выбрать метод реализации эксперимента для получения конкурентноспособных результатов
<i>ПК-2. Способен принимать участие в проведении научных исследований в избранной области экспериментальных и (или) теоретических физических исследований с помощью современной приборной базы (в том числе сложного физического оборудования) и инновационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта.</i>	ПК-2.1. Определяет цель проведения эксперимента по физике высоких энергий и закономерности физических процессов, лежащих в основе физического эксперимента	Знать закономерности физических процессов, лежащих в основе физического эксперимента, основы работы выбранной физико-технической системы
	ПК-2.3. Формулирует основы работы выбранной физико-технической системы и особенности аппаратуры, используемой в медицинской физике	Уметь выбрать технические средства, подготовить оборудование, принимает участие в проведении экспериментов
		Владеть основами работы и особенностями аппаратуры физико-технической системы, используемой в медицинской физике
<i>ПК-3. Способен применять современные методы и технику для сбора, обработки, анализа и синтеза физической информации в избранной области физических исследований</i>	ПК-3.1 Использует современные информационные технологии для анализа текущей научной информации	Знать достижения основные достижения в области информационных технологий
		Уметь использовать методы математического моделирования для решения конкретных задач в области медицинской физики
		Уметь работать с научной литературой, используя современные информационные технологии, следить за научной периодикой
	ПК-3.2. Применяет программное и информационное обеспечение научных исследований, современные методы моделирования и возможности ядерных медицинских технологий	Знать основные методы, способы и средства получения, хранения, переработки информации, основы информационной безопасности
		Уметь использовать компьютерные технологии для решения задач как профессиональной, так и производственной направленности
	ПК-3.3. Владеет методами научного прогнозирования, методами работы на современных физических установках и навыками работы с пакетами прикладных программ физико-технических систем.	Владеть навыками работы с пакетами прикладных программ экспериментальной и теоретической физики
Уметь применять на практике математические модели, методы и средства проектирования и автоматизации систем на практике.		
Уметь применять полученные знания для решения поставленных актуальных задач в своей научно-исследовательской работе		

4 Объем дисциплины

Объем дисциплины составляет 5 зачетные единицы, всего 180 академических часов.

5. Содержание дисциплины
очная форма обучения

Наименование разделов и тем дисциплины	Всего (академ. часы)	в том числе:						Самостоятельная работа обучающегося	
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем) ¹							
		Лекции	Практические (семинарские) занятия	Лабораторные занятия	КРП*	...	Всего		
IV семестр									
1. Задачи вычислительной математики. Введение в теорию погрешностей.	4	2	2				5	1	
2. Основные определения и объекты линейной алгебры и функционального анализа.	8	4	4				10	2	
3. Решение нелинейных уравнений с одной переменной.	8	4	4				9	1	
4. Метод Гаусса решения систем линейных уравнений (СЛУ). Обращение матриц. Устойчивость СЛУ.	8	4	4				10	2	
5. Итерационные методы решения СЛУ.	8	4	4				10	2	
6. Вычисление собственных значений (СЗ) и собственных векторов (СВ) матриц.	8	4	4				9	1	
7. Интерполирование и приближение функций.	8	4	4				9	1	
8. Численное интегрирование и дифференцирование.	8	4	4				9	1	
9. Численные методы решения задачи Коши для обыкновенных дифференциальных уравнений.	8	4	4				10	2	
Промежуточная аттестация: - экзамен	27 ²	X							
Итого по дисциплине	95	34	34				108	13	

*КРП - часы контактной работы на курсовую работу (проект) по дисциплине. Часы относятся к внеаудиторной контактной работе, выполняются вне расписания учебных занятий по дисциплине. Указываются, если предусмотрены учебным планом.

¹ Перечень видов учебных занятий уточняется в соответствии с учебным планом.

² Часы на промежуточную аттестацию (зачет, дифференцированный зачет, экзамен и др.) указываются в случае выделения их в учебном плане.

очная форма обучения

Наименование разделов и тем дисциплины	Всего (академ. часы)	в том числе:						Самостоятельная работа обучающегося	
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем) ³							
		Лекции	Практические (семинарские) занятия	Лабораторные занятия	КРП*	...	Всего		
V семестр									
1. Цель, процедуры, способы оценивания в математических моделях.	4	2	2				9	5	
2. Ковариация и корреляция в математических моделях. Основные статистические распределения.	4	2	2				9	5	
3. Нормальное распределение в математическом моделировании.	4	2	2				9	5	
4. Проверка параметрических гипотез.	4	2	2				9	5	
5. Проверка непараметрических гипотез. Регрессионные математические модели.	4	2	2				9	5	
6. Качество регрессионных математических моделей.	6	3	3				11	5	
7. Множественные регрессионные математические модели.	4	2	2				8	4	
8. Нелинейные регрессионные модели.	4	2	2				8	4	
Промежуточная аттестация: - зачёт с оценкой	X ⁴	X							
Итого по дисциплине	34	17	17				72	38	

*КРП - часы контактной работы на курсовую работу (проект) по дисциплине. Часы относятся к внеаудиторной контактной работе, выполняются вне расписания учебных занятий по дисциплине. Указываются, если предусмотрены учебным планом.

³ Перечень видов учебных занятий уточняется в соответствии с учебным планом.

⁴ Часы на промежуточную аттестацию (зачет, дифференцированный зачет, экзамен и др.) указываются в случае выделения их в учебном плане.

Содержание дисциплины (IV семестр)

Тема 1. Задачи вычислительной математики. Введение в теорию погрешностей.

Классификация основных задач и методов вычислительной математики. Задача оценки погрешностей. Источники и виды погрешностей. Абсолютная и относительная погрешности. Оценка результирующей погрешности по погрешностям входных данных. Корректность задач по Адамару.

Тема 2. Основные определения и объекты линейной алгебры и функционального анализа.

Линейные метрические нормированные пространства. Евклидово и гильбертово пространства. Свойства метрики, нормы и скалярного произведения. Подчиненная норма оператора. Виды норм. Эквивалентность и непрерывность норм. Виды операторов (матриц): самосопряженные, вращений, унитарные, перестановок, треугольные; их свойства. Теорема об LU—разложении.

Тема 3. Решение нелинейных уравнений с одной переменной.

Локализация корней. Метод бисекции. Сжимающие отображения. Метод простой итерации, условие сходимости. Метод касательных Ньютона и упрощенный метод Ньютона, скорость сходимости. Метод секущих. Метод парабол.

Тема 4. Метод Гаусса решения систем линейных уравнений (СЛУ). Обращение матриц. Устойчивость СЛУ.

Алгоритм Гаусса. Расчетные формулы для прямого и обратного хода. Подсчет числа действий. Условие применимости метода Гаусса. Выбор ведущего элемента. Матричная форма метода Гаусса. Обращение матрицы методом Гаусса. Оценка числа действий. Устойчивость СЛУ по левой и правой части. Число обусловленности. Полная оценка относительной погрешности.

Тема 5. Итерационные методы решения СЛУ.

Идея итерационных методов, их классификация и преимущества. Метод простой итерации. Методы Якоби и Зейделя, их матричная форма. Метод верхней релаксации. Исследование сходимости итерационных методов. Доказательство достаточного условия сходимости, следствия для методов Якоби, Зейделя и верхней релаксации. Необходимое и достаточное условие сходимости стационарных итерационных методов.

Тема 6. Вычисление собственных значений (СЗ) и собственных векторов (СВ) матриц.

Постановка задачи. Построение характеристического многочлена методом подобного преобразования к виду Фробениуса. Вычисление собственных векторов. Степенной метод поиска максимального по модулю СЗ и его СВ. Модификация для поиска следующего по модулю СЗ.

Тема 7. Интерполирование и приближение функций.

Постановка задачи. Интерполирование алгебраическими многочленами. Интерполяционная формула Лагранжа, интерполяционная формула Ньютона, их эквивалентность. Погрешность интерполирования. Аппроксимация функций многочленами Фурье. Сходимость интерполяционного процесса. Теорема Фабера. Теорема Марцинкевича. Понятие сплайна. Кубический сплайн, вывод расчетных формул.

Тема 8. Численное интегрирование и дифференцирование.

Постановка задачи. Метод прямоугольников, метод трапеций, метод Симпсона (парабол). Оценка погрешностей для этих методов. Апостериорная оценка погрешности методом Рунге. Левая, правая и центральная формулы для численного дифференцирования. Высшие численные производные. Оптимальный шаг при численном дифференцировании с погрешностями исходных данных.

Тема 9. Численные методы решения задачи Коши для обыкновенных дифференциальных уравнений.

Постановка задачи, классификация численных методов ее решения. Метод Эйлера. Сходимость, порядок точности, порядок аппроксимации, невязка. Симметричная схема, оценка ее порядка точности. Метод Рунге-Кутты 2-го порядка точности. Общая формулировка методов Рунге-Кутты. Примеры.

Содержание дисциплины (V семестр)

Тема 1. Цель, процедуры, способы оценивания в математических моделях.

Оценка как случайная величина. Несмещенность. Эффективность. Влияние увеличения размера выборки данных на точность оценки. Оценки теоретического математического ожидания и дисперсии. Несмещенная оценка теоретической дисперсии. Исправленная оценка выборочной дисперсии. Возможность сравнения эффективности оценок. Противоречия между несмещенностью и эффективностью.

Тема 2. Ковариация и корреляция в математических моделях. Основные статистические распределения.

Правила расчета ковариации. Смещенность выборочной ковариации. Проблема оценивания линейной связи стохастических переменных. хи-квадрат - распределение, распределение Стьюдента, F-распределение Фишера. Гамма функция и ее свойства. Формулы для функций плотности основных распределений. Графики функций плотности и их асимптотика.

Тема 3. Нормальное распределение в математическом моделировании.

Общий смысл предельных теорем. Понятия уровня значимости и квантиля. Интервальная оценка мат-ожидания нормально распределенной случайной величины с известной дисперсией. Интервальная оценка мат-ожидания нормально распределенной случайной величины с неизвестной дисперсией. Интервальная оценка дисперсии нормальной случайной величины.

Тема 4. Проверка параметрических гипотез.

Классификация гипотез. Основная и конкурирующая гипотезы. Ошибки 1-го и 2-го рода. Уровень значимости, мощность критерия и критическая область. Схема проверки гипотез, связь с задачей интервального оценивания. Случай нормального распределения генеральной совокупности с известной и неизвестной дисперсией.

Тема 5. Проверка непараметрических гипотез. Регрессионные математические модели.

Общая постановка задачи проверки гипотезы о виде распределения. Критерий Пирсона хи-квадрат. Расчетные формулы. Общая постановка задачи построения регрессионной математической модели. Случайный фактор и причины его возникновения. Математическая модель парной линейной регрессии, метод наименьших квадратов (МНК). Условия Гаусса-Маркова для МНК.

Тема 6. Качество регрессионных математических моделей.

Анализ точности определения коэффициентов модели линейной регрессии, их дисперсии. Проверка гипотез о коэффициентах линейной регрессии их интервальные оценки. Доверительные интервалы для зависимой переменной. Проверка качества уравнения модели регрессии, коэффициент детерминации, связь с коэффициентом корреляции.

Тема 7. Множественные регрессионные математические модели.

Условия Гаусса-Маркова и метод наименьших квадратов для случая математической модели с несколькими входными переменными. Матричная форма записи и минимизация квадрата отклонения в матричном виде. Дисперсии коэффициентов линейной регрессии и дисперсионно-ковариационная матрица. Интервальные оценки коэффициентов. Анализ качества уравнения множественной линейной регрессии.

Тема 8. Нелинейные регрессионные модели.

Логарифмические, полу-логарифмические, обратные, показательные модели. Возможности их линеаризации. Роль случайного фактора. Коэффициент автокорреляции 1-го порядка, критерий Дарбина-Уотсона. Гетероскедастичность, идея о взвешенном МНК. Взвешенные линейные регрессии. Дисперсионный анализ в математическом моделировании. Множественные сравнения.

6 Перечень учебно-методического обеспечения по дисциплине

Методические материалы по дисциплине (модулю) и образовательной программе в целом представлены на официальном сайте образовательной организации (раздел «Сведения об образовательной организации» – Образование – Образовательные программы).

7 Фонды оценочных средств по дисциплине

Для аттестации обучающихся на соответствие их персональных достижений поэтапным требованиям образовательной программы по дисциплине разработаны фонды оценочных средств, позволяющие оценить результаты обучения (знания, умения, навыки) и сформированные (формируемые) компетенции.

Эти фонды включают теоретические вопросы, типовые практические задания, контрольные работы, домашние работы, тесты, примерные темы курсовых работ (проектов) и критерии их оценивания и иные оценочные материалы, используемые при проведении процедур текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации.

Фонды оценочных средств представлены в приложении к рабочей программе.

При необходимости, обучающиеся с ограниченными возможностями здоровья и инвалиды обеспечиваются оценочными материалами в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

- в печатной форме увеличенным шрифтом,
- в форме электронного документа,
- в форме аудиофайла.

Для лиц с нарушениями слуха:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа,
- в форме аудиофайла.

8 Ресурсное обеспечение

8.1. Перечень литературы

Основная учебная литература

1. Булавин Л.А. Компьютерное моделирование физических систем : Учебное пособие / Л. А. Булавин, Н. В. Выгорницкий, Н. И. Лебовка. - Долгопрудный : Интеллект, 2011. - 352с. : ил. - ISBN 978-5-91559-101-0.
2. Вержбицкий В.М. Основы численных методов: Учебник для вузов.-М.: ВШ, 2-е изд., перераб. 2005. - 847с.
3. Численные методы : учебник и практикум для вузов / У. Г. Пирумов [и др.] ; под редакцией У. Г. Пирумова. — 5-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2021. — 421 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-03141-6. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/488879> (дата обращения: 14.04.2021). – Режим доступа: по подписке.
4. Савенкова, Н. П. Численные методы в математическом моделировании : учебное пособие / Н. П. Савенкова, О. Г. Проворова, А. Ю. Мокин. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : ИНФРА-М, 2019. — 176 с. — (Высшее образование: Бакалавриат). - ISBN 978-5-00024-019-9. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1013459> (дата обращения: 14.04.2021). – Режим доступа: по подписке.

Дополнительная учебная литература

1. Поршнев С. Вычислительная математика. Курс лекций. — СПб.: БХВ-Петербург, 2004. — 320 с.: ил.
2. Срочко В.А. Численные методы. Курс лекций : Учебное пособие / В.А. Срочко. - СПб. : Лань, 2010. - 208с. : ил. - (Учебники для вузов. Специальная литература). - ISBN 978-5-8114-1014-9.
3. Фаддеев М.А. Основные методы вычислительной математики : Учебное пособие / М.А. Фаддеев, К.А. Марков. - СПб. : Лань, 2008. - 160с. : ил. - (Учебники для вузов. Специальная литература). - ISBN 978-5-8114-0813-9.
4. Численные методы. Сборник задач: Учебное пособие./ В.Ю. Гидаспов, И.Э Иванов, Д.Л. Ревизников и др.; Под ред. У.Г. Пирумова. – М.: Дрофа, 2007. – 144 с.

• Периодические издания

1. Вестник Московского университета. Серия 15. Вычислительная математика и кибернетика: научный журнал / Учредитель: МГУ им. М.В. Ломоносова; гл. ред. академик РАН Моисеев Е.И. – М.: ФГБОУ ВО МГУ им. М.В. Ломоносова – Журнал выходит 2 раза в полуг. - Основан в 1977 году. – ISSN 0137-0782. – Текст : электронный. – Полные электронные версии статей журнала доступны по подписке на сайте научной электронной библиотеки «eLIBRARY.RU»: https://www.elibrary.ru/title_about.asp?id=8373
2. Журнал экспериментальной и теоретической физики: / Учредитель: РАН, Институт физических проблем им. П.Л. Капицы РАН; гл. ред. акад. Андреев А.Ф. - М.: ФГБУ «Российская академия наук». – Журнал выходит 1раз в мес. - Основан в 1931 году. - ISSN 0044-4510. – Текст : электронный. Полные тексты статей журнала доступны по подписке на сайте научной электронной библиотеки «eLIBRARY.RU»: https://www.elibrary.ru/title_about.asp?id=8682

3. Вестник Московского государственного областного университета. Серия: физика-математика: научный журнал / Учредитель: Московский государственный областной университет; гл. ред. Бугаев А.С. – М.:МГОУ. – Журнал выходит 6 раз в год. - Основан в 1998 году - ISSN 2310-7251. – Текст : электронный. – Полные электронные версии статей журнала доступны на сайте научной электронной библиотеки «eLIBRARY.RU»: https://elibrary.ru/title_about.asp?id=25657
4. Вестник Московского университета. Серия 1. Математика. Механика: научный журнал / Учредитель: МГУ им. М.В. Ломоносова; гл. ред. Чубариков В.Н. – М.: ФГБОУ ВО МГУ им. М.В. Ломоносова – Журнал выходит 6 раз в год. - Основан в 1946 году. - ISSN 0579-9368. – Текст : электронный. Полные электронные версии статей журнала доступны по подписке в БД периодических изданий «East View»: <https://dlib.eastview.com/browse/publication/9045/udb/890>

• **Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»**
Электронно-библиотечные системы и базы данных

1. ЭБС «Znaniium.com»: <http://znaniium.com/>
2. ЭБС «Лань»: <https://e.lanbook.com/>
3. ЭБС «Юрайт»: <https://biblio-online.ru/>
4. ЭБС «Университетская библиотека онлайн»: <http://biblioclub.ru/>
5. Научная электронная библиотека (РУНЭБ) «eLIBRARY.RU»: <http://elibrary.ru>
6. Национальная электронная библиотека (НЭБ): <http://нэб.рф/>
7. Базы данных российских журналов компании «East View»: <https://dlib.eastview.com/>

Научные поисковые системы

1. Math-Net.Ru - современная информационная система, предоставляющая российским и зарубежным математикам различные возможности поиска информации о математической жизни в России – <http://www.mathnet.ru/>
2. Google Scholar - поисковая система по научной литературе. Включает статьи крупных научных издательств, архивы препринтов, публикации на сайтах университетов, научных обществ и других научных организаций <https://scholar.google.ru/>
3. SciGuide - навигатор по зарубежным научным электронным ресурсам открытого доступа. <http://www.prometeus.nsc.ru/sciguide/page0601.ssi>
4. ArXiv.org - научно-поисковая система, специализируется в областях: компьютерных наук, астрофизики, физики, математики, квантовой биологии. <http://arxiv.org/>
5. WorldWideScience.org - глобальная научная поисковая система, которая осуществляет поиск информации по национальным и международным научным базам данных и порталам. <http://worldwidescience.org/>

Профессиональные ресурсы сети «Интернет»

1. Федеральная информационная система «Единое окно доступа к информационным ресурсам»: <http://window.edu.ru/>
2. Образовательный математический сайт EXPonenta.ru: <http://exponenta.ru/default.asp>
3. Математический сайт Math.ru: <http://math.ru/lib/>
4. Сайт РАН Институт Вычислительной математики: <http://www.inm.ras.ru/>

• **Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса, включая программное обеспечение, информационные справочные системы (при необходимости)**

Для проведения практических занятий могут использоваться мультимедиа-материалы (презентации, слайды, учебные видеофильмы и т.д.), в связи с чем требуется оборудование зала видеопроектором, компьютером или ноутбуком, а также аудиоаппаратурой. Для выполнения заданий самостоятельной подготовки обучающиеся обеспечиваются литературой, а

также в определённом порядке могут получать доступ к информационным ресурсам Интернета.

Дисциплина обеспечена необходимым программным обеспечением, которое находится в свободном доступе (программы LibreOffice и МАХИМА, свободная лицензия, код доступа не требуется).

- **Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса, включая программное обеспечение, информационные справочные системы**

Проведение практических занятий по дисциплине предполагается использование специализированных аудиторий, оснащенных персональными компьютерами, объединенными в локальную сеть и имеющих доступ к ресурсам глобальной сети Интернет.

Для выполнения заданий самостоятельной подготовки обучающиеся обеспечиваются литературой, а также в определённом порядке могут получать доступ к информационным ресурсам Интернета.

Дисциплина обеспечена необходимым программным обеспечением, которое находится в свободном доступе (программы LibreOffice, МАХИМА свободная лицензия, код доступа не требуется).

В филиале «Протвино» государственного университета «Дубна» созданы условия для обучения людей с ограниченными возможностями: использование специальных образовательных программ и методов обучения, специальных учебников, учебных пособий и дидактических материалов, специальных технических средств обучения коллективного и индивидуального пользования, предоставление услуг ассистента (помощника), оказывающим обучающимся необходимую техническую помощь, обеспечение доступа в здания организации.

Имеется универсальное средство для подъема и перемещения инвалидных колясок – пандус-платформа складной.

Компьютерные классы оборудованы столами для инвалидов с ДЦП, также здесь оборудованы рабочие места для лиц с ОВЗ: установлены специальный программно-технологический комплекс позволяющий работать на них студентам с нарушением опорно-двигательного аппарата, слабовидящим и слабослышащим. Имеются гарнитуры компактные, беспроводная клавиатура с большими кнопками, беспроводной компьютерный джостик с двумя выносными кнопками, беспроводной ресивер, беспроводная выносная большая кнопка, портативное устройство для чтения печатных материалов.

Специальные учебники, учебные пособия и дидактические материалы, в том числе в формате печатных материалов (крупный шрифт или аудиофайлы) имеются в ЭБС, на которые подписан филиал.

На сайте имеется справочная информация о расписании учебных занятий в адаптированной форме доступная для обучающихся с ограниченными возможностями здоровья, являющихся слепыми или слабовидящими.

- **Описание материально-технической базы**

Компьютерный класс (15 ПК) (оборудование в собственности).

Обучающиеся из числа инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья могут использовать специализированное программное и материально-техническое обеспечение:

- обучающиеся с нарушениями опорно-двигательного аппарата при необходимости могут использовать адаптивные технические средства: специально оборудованные джойстики, увеличенные выносные кнопки, клавиатуры с большими клавишами.
- обучающиеся с ограничениями по зрению могут прослушать доступный аудиоматериал или прочитать тексты, увеличив шрифт на экране монитора компьютера. Рекомендуется использовать экранную лупу и другие визуальные вспомогательные сред-

ства, чтобы изменить шрифт текста, межстрочный интервал, синхронизацию с речью и т.д., программы экранного доступа (скринридеры для прочтения текстовой информации через синтезированную речь) и/или включить функцию «экранный диктор» на персональном компьютере с операционной системой Windows 7, 8, 10.

- обучающиеся с ограничениями по слуху могут воспользоваться компьютерной аудиогарнитурой при прослушивании необходимой информации и портативной индукционной системой серии «ИСТОК».

При необходимости обучающиеся с ограниченными возможностями здоровья и инвалиды обеспечиваются печатными и (или) электронными образовательными ресурсами (образовательная программа, учебные пособия и др.) в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

- в печатной форме увеличенным шрифтом,
- в форме электронного документа,
- в форме аудиофайла.

Для лиц с нарушениями слуха:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа,
- в форме аудиофайла.

Фонды оценочных средств

В результате освоения дисциплины «Численные методы и математическое моделирование.» программы бакалавров по направлению подготовки 03.03.02 «Физика» с учетом направленности бакалаврской программы – «Медицинская физика» выпускник должен обладать следующими компетенциями:

Компетенция УК-1. Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач.

Компетенция ОПК-1. Способен применять базовые знания в области физико-математических и (или) естественных наук в сфере своей профессиональной деятельности.

Компетенция ПК-2. Способен принимать участие в проведении научных исследований в избранной области экспериментальных и (или) теоретических физических исследований с помощью современной приборной базы (в том числе сложного физического оборудования) и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта.

Компетенция ПК-3. Способен применять современные методы и технику для сбора, обработки, анализа и синтеза физической информации в избранной области физических исследований.

код и формулировка компетенции

Описание показателей и критериев оценивания компетенций, а также шкал оценивания

Компетенция УК-1. Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач.

ИНДИКАТОР ДОСТИЖЕНИЯ КОМПЕТЕНЦИИ (код и наименование)	КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТА ОБУЧЕНИЯ по практике ШКАЛА оценивания				
	1	2	3	4	5
УК-1.1. Анализирует задачу, выделяя ее базовые составляющие.	Отсутствие умения	Демонстрирует частичное умение применять системный подход для анализа проблемной ситуации. Допускает множественные грубые ошибки.	Демонстрирует достаточно устойчивое умение применять системный подход для анализа проблемной ситуации. Допускает отдельные негрубые ошибки.	Демонстрирует устойчивое умение применять системный подход для анализа проблемной ситуации. Не допускает ошибок.	Демонстрирует свободное и уверенное умение применять системный подход для анализа проблемной ситуации. Не допускает ошибок.
	Отсутствие умения	Демонстрирует частичное умение выявлять составляющие проблемной ситу-	Демонстрирует достаточно устойчивое умение выявлять составляющие про-	Демонстрирует устойчивое умение выявлять составляющие проблемной ситу-	Демонстрирует свободное и уверенное умение выявлять составляющие про-

		ации и связи между ними. Допускает множественные грубые ошибки.	блемной ситуации и связи между ними. Допускает отдельные негрубые ошибки.	ации и связи между ними. Не допускает ошибок.	блемной ситуации и связи между ними. Не допускает ошибок.
УК-1.4. При обработке информации отличает факты от мнений, интерпретирует собственные мнения и суждения, аргументирует свои выводы и точку зрения.	Отсутствие умения	Демонстрирует частичное умение грамотно, логично, аргументировано разрабатывать стратегию решения проблемной ситуации. Допускает множественные грубые ошибки.	Демонстрирует достаточно устойчивое умение грамотно, логично, аргументировано разрабатывать стратегию решения проблемной ситуации. Допускает отдельные негрубые ошибки.	Демонстрирует устойчивое умение грамотно, логично, аргументировано разрабатывать стратегию решения проблемной ситуации. Не допускает ошибок.	Демонстрирует свободное и уверенное умение грамотно, логично, аргументировано разрабатывать стратегию решения проблемной ситуации. Не допускает ошибок.
	Отсутствие умения	Демонстрирует частичное умение применять системный и междисциплинарный подход для разработки стратегии решения проблемной ситуации. Допускает множественные грубые ошибки.	Демонстрирует достаточно устойчивое умение применять системный и междисциплинарный подход для разработки стратегии решения проблемной ситуации. Допускает отдельные негрубые ошибки.	Демонстрирует устойчивое умение применять системный и междисциплинарный подход для разработки стратегии решения проблемной ситуации. Не допускает ошибок.	Демонстрирует свободное и уверенное умение применять системный и междисциплинарный подход для разработки стратегии решения проблемной ситуации. Не допускает ошибок.
УК-1.5. Рассматривает и предлагает возможные варианты решения поставленной задачи, оценивая их достоинства и недостатки.	Отсутствие знания	Не знает или знает слабо основные методы оценки и предотвращения рисков разных сценариев решения профессиональных задач. Допускает множественные грубые ошибки.	Удовлетворительно знает основные методы оценки и предотвращения рисков разных сценариев решения профессиональных задач. Допускает достаточно серьезные ошибки.	Хорошо знает основные методы оценки и предотвращения рисков разных сценариев решения профессиональных задач. Допускает отдельные негрубые ошибки.	Демонстрирует свободное и уверенное знание основных методов оценки и предотвращения рисков разных сценариев решения профессиональных задач. Не допускает ошибок.
	Отсутствие умения	Демонстрирует частичное умение формулировать различные сценарии стратегии решения проблемной ситуации.	Демонстрирует достаточно устойчивое умение формулировать различные сценарии стратегии решения проблемной ситуации.	Демонстрирует устойчивое умение формулировать различные сценарии стратегии решения проблемной ситуации. Не допускает	Демонстрирует свободное и уверенное умение формулировать различные сценарии стратегии решения проблемной ситуации.

		Допускает множественные грубые ошибки.	Допускает отдельные негрубые ошибки.	ошибок.	Не допускает ошибок.
	Отсутствие умения	Демонстрирует частичное умение оценивать достоинства, недостатки и риски различных сценариев стратегии решения проблемной ситуации. Допускает множественные грубые ошибки.	Демонстрирует достаточно устойчивое умение оценивать достоинства, недостатки и риски различных сценариев стратегии решения проблемной ситуации. Допускает отдельные негрубые ошибки.	Демонстрирует устойчивое умение оценивать достоинства, недостатки и риски различных сценариев стратегии решения проблемной ситуации. Не допускает ошибок.	Демонстрирует свободное и уверенное умение оценивать достоинства, недостатки и риски различных сценариев стратегии решения проблемной ситуации. Не допускает ошибок.

Компетенция ОПК-1. Способен применять базовые знания в области физико-математических и (или) естественных наук в сфере своей профессиональной деятельности.

ИНДИКАТОР ДОСТИЖЕНИЯ КОМПЕТЕНЦИИ (код и наименование)	КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТА ОБУЧЕНИЯ по практике ШКАЛА оценивания				
	1	2	3	4	5
ОПК-1.1. Применяет математические, естественнонаучные, социально-экономические и профессиональные знания для решения научно-исследовательских задач	Отсутствие знания	Не знает или знает слабо теоретические и методологические основы базовых и некоторых специальных разделов Уравнений математической физики. Допускает множественные грубые ошибки.	Удовлетворительно знает теоретические и методологические основы базовых и некоторых специальных разделов Уравнений математической физики, может предложить отдельные примеры их использования при решении задач профессиональной деятельности. Допускает достаточно серьезные ошибки.	Хорошо знает взаимосвязи теоретических и методологических основ Уравнений математической физики, может предложить примеры их использования в разных областях физики. Допускает отдельные негрубые ошибки.	Демонстрирует свободное и уверенное знание о взаимосвязи теоретических и методологических основ Уравнений математической физики, может предложить способ их использования при решении конкретной физической задачи. Не допускает ошибок.
	Отсутствие умения	Демонстрирует частичное умение оценивать достоинства, недо-	Демонстрирует достаточно устойчивое умение оценивать достоин-	Демонстрирует устойчивое умение оценивать достоин-	Демонстрирует свободное и уверенное умение оценивать достоин-

		<p>статки и риски различных сценариев стратегии решения проблемной ситуации.</p> <p>Допускает множественные грубые ошибки.</p>	<p>ства, недостатки и риски различных сценариев стратегии решения проблемной ситуации.</p> <p>Допускает отдельные негрубые ошибки.</p>	<p>ки и риски различных сценариев стратегии решения проблемной ситуации.</p> <p>Не допускает ошибок.</p>	<p>ства, недостатки и риски различных сценариев стратегии решения проблемной ситуации.</p> <p>Не допускает ошибок.</p>
<p>ОПК-1.2. Применяет системы и методы теоретических оценок и расчетов для экспериментов на ускорителях, реакторах и других ядерно-физических установок</p>	Отсутствие знания	<p>Не знает или знает слабо теоретические и методологические основы базовых и некоторых специальных разделов Уравнений математической физики.</p> <p>Допускает множественные грубые ошибки.</p>	<p>Удовлетворительно знает теоретические и методологические основы базовых и некоторых специальных разделов Уравнений математической физики, может предложить отдельные примеры их использования при решении задач профессиональной деятельности.</p> <p>Допускает достаточно серьезные ошибки.</p>	<p>Хорошо знает взаимосвязи теоретических и методологических основ Уравнений математической физики, может предложить примеры их использования в разных областях физики.</p> <p>Допускает отдельные негрубые ошибки.</p>	<p>Демонстрирует свободное и уверенное знание о взаимосвязи теоретических и методологических основ Уравнений математической физики, может предложить способ их использования при решении конкретной физической задачи.</p> <p>Не допускает ошибок.</p>
	Отсутствие знания	<p>Не знает или знает слабо теоретические и методологические основы базовых и некоторых специальных разделов Уравнений математической физики.</p> <p>Допускает множественные грубые ошибки.</p>	<p>Удовлетворительно знает теоретические и методологические основы базовых и некоторых специальных разделов Уравнений математической физики, может предложить отдельные примеры их использования при решении задач профессиональной деятельности.</p> <p>Допускает достаточно серьезные ошибки.</p>	<p>Хорошо знает взаимосвязи теоретических и методологических основ Уравнений математической физики, может предложить примеры их использования в разных областях физики.</p> <p>Допускает отдельные негрубые ошибки.</p>	<p>Демонстрирует свободное и уверенное знание о взаимосвязи теоретических и методологических основ Уравнений математической физики, может предложить способ их использования при решении конкретной физической задачи.</p> <p>Не допускает ошибок.</p>
<p>ОПК-1.3. Выявляет закономерности физических процессов,</p>	Отсутствие умения	<p>Демонстрирует частичное умение оценивать достоин-</p>	<p>Демонстрирует достаточно устойчивое умение оцени-</p>	<p>Демонстрирует устойчивое умение оцени-</p>	<p>Демонстрирует свободное и уверенное умение оцени-</p>

лежащих в основе выполняемого физического эксперимента и приборов, используя базовые знания		ства, недостатки и риски различных сценариев стратегии решения проблемной ситуации. Допускает множественные грубые ошибки.	вать достоинства, недостатки и риски различных сценариев стратегии решения проблемной ситуации. Допускает отдельные негрубые ошибки.	ства, недостатки и риски различных сценариев стратегии решения проблемной ситуации. Не допускает ошибок.	вать достоинства, недостатки и риски различных сценариев стратегии решения проблемной ситуации. Не допускает ошибок.
---	--	---	---	---	---

Компетенция ПК-2 - Способен принимать участие в проведении научных исследований в избранной области экспериментальных и (или) теоретических физических исследований с помощью современной приборной базы (в том числе сложного физического оборудования) и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта.

ИНДИКАТОР ДОСТИЖЕНИЯ КОМПЕТЕНЦИИ (код и наименование)	КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТА ОБУЧЕНИЯ по практике ШКАЛА оценивания				
	1	2	3	4	5
ПК-2.1. Определяет цель проведения эксперимента по физике высоких энергий и закономерности физических процессов, лежащих в основе физического эксперимента.	Отсутствие знания	Не знает или знает слабо закономерности физических процессов, лежащих в основе физического эксперимента, основы работы выбранной физико-технической системы. Допускает множественные грубые ошибки.	Удовлетворительно знает закономерности физических процессов, лежащих в основе физического эксперимента, основы работы выбранной физико-технической системы. Допускает достаточно серьезные ошибки.	Хорошо знает закономерности физических процессов, лежащих в основе физического эксперимента, основы работы выбранной физико-технической системы. Допускает отдельные негрубые ошибки.	Демонстрирует свободное и уверенное знание закономерностей физических процессов, лежащих в основе физического эксперимента, основы работы выбранной физико-технической системы. Не допускает ошибок.
ПК-2.3. Формулирует основы работы выбранной физико-технической системы и особенности аппаратуры, используемой в медицин-	Отсутствие умения	Демонстрирует частичное умение выбрать технические средства, подготовить оборудование, принимает участие в	Демонстрирует достаточно устойчивое умение выбрать технические средства, подготовить оборудование, принимает	Демонстрирует устойчивое умение выбрать технические средства, подготовить оборудование, принимает участие в про-	Демонстрирует свободное и уверенное умение выбрать технические средства, подготовить оборудование, принимает

ской физике		проведении экспериментов. Допускает множественные грубые ошибки.	участие в проведении экспериментов. Допускает отдельные негрубые ошибки.	ведении экспериментов. Не допускает ошибок.	участие в проведении экспериментов. Не допускает ошибок.
	Отсутствие владения	Демонстрирует удовлетворительный уровень владения основами работы и особенностями аппаратуры физико-технической системы, используемой в медицинской физике. Допускает достаточно серьезные ошибки.	Демонстрирует хороший уровень владения основами работы и особенностями аппаратуры физико-технической системы, используемой в медицинской физике. Допускает отдельные негрубые ошибки.	Демонстрирует высокий уровень владения основами работы и особенностями аппаратуры физико-технической системы, используемой в медицинской физике. Не допускает ошибок.	Демонстрирует свободное и уверенное владение основами работы и особенностями аппаратуры физико-технической системы, используемой в медицинской физике. Не допускает ошибок.

Компетенция ПК-3 - Способен применять современные методы и технику для сбора, обработки, анализа и синтеза физической информации в избранной области физических исследований.

ИНДИКАТОР ДОСТИЖЕНИЯ КОМПЕТЕНЦИИ (код и наименование)	КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТА ОБУЧЕНИЯ по практике ШКАЛА оценивания				
	1	2	3	4	5
ПК-3.1 Использует современные информационные технологии для анализа текущей научной информации	Отсутствие знания	Не знает или знает слабо основные достижения в области информационных технологий. Допускает множественные грубые ошибки.	Удовлетворительно знает основные достижения в области информационных технологий. Допускает достаточно серьезные ошибки.	Хорошо знает основные достижения в области информационных технологий. Допускает отдельные негрубые ошибки.	Демонстрирует свободное и уверенное знание основных достижений в области информационных технологий. Не допускает ошибок.
	Отсутствие умения	Демонстрирует частичное умение использовать методы математического моделирования для решения конкретных задач в области меди-	Демонстрирует достаточно устойчивое умение использовать методы математического моделирования для решения конкретных задач в области ме-	Демонстрирует устойчивое умение использовать методы математического моделирования для решения конкретных задач в области медицинской фи-	Демонстрирует свободное и уверенное умение использовать методы математического моделирования для решения конкретных задач в области ме-

		цинской физики. Допускает множественные грубые ошибки.	дицинской физики. Допускает отдельные негрубые ошибки.	зики. Не допускает ошибок.	дицинской физики. Не допускает ошибок.
	Отсутствие умения	Демонстрирует частичное умение работать с научной литературой, используя современные информационные технологии, следить за научной периодикой. Допускает множественные грубые ошибки.	Демонстрирует достаточно устойчивое умение работать с научной литературой, используя современные информационные технологии, следить за научной периодикой. Допускает отдельные негрубые ошибки.	Демонстрирует устойчивое умение работать с научной литературой, используя современные информационные технологии, следить за научной периодикой. Не допускает ошибок.	Демонстрирует свободное и уверенное умение работать с научной литературой, используя современные информационные технологии, следить за научной периодикой. Не допускает ошибок.
ПК-3.2. Применяет программное и информационное обеспечение научных исследований, современные методы моделирования и возможности ядерных медицинских технологий	Отсутствие знания	Не знает или знает слабо основные методы, способы и средства получения, хранения, переработки информации, основы информационной безопасности. Допускает множественные грубые ошибки.	Удовлетворительно знает основные методы, способы и средства получения, хранения, переработки информации, основы информационной безопасности. Допускает достаточно серьезные ошибки.	Хорошо знает основные методы, способы и средства получения, хранения, переработки информации, основы информационной безопасности. Допускает отдельные негрубые ошибки.	Демонстрирует свободное и уверенное знание основных методов, способов и средств получения, хранения, переработки информации, основы информационной безопасности. Не допускает ошибок.
	Отсутствие умения	Демонстрирует частичное умение использовать компьютерные технологии для решения задач как профессиональной, так и произвольной направленности. Допускает множественные грубые ошибки.	Демонстрирует достаточно устойчивое умение использовать компьютерные технологии для решения задач как профессиональной, так и произвольной направленности. Допускает отдельные негрубые ошибки.	Демонстрирует устойчивое умение использовать компьютерные технологии для решения задач как профессиональной, так и произвольной направленности. Не допускает ошибок.	Демонстрирует свободное и уверенное умение использовать компьютерные технологии для решения задач как профессиональной, так и произвольной направленности. Не допускает ошибок.
	Отсутствие владения	Демонстрирует удовлетворительный уровень владения навыками работы с группой ис-	Демонстрирует хороший уровень владения навыками работы с группой исследователей и разработки	Демонстрирует высокий уровень владения навыками работы с группой исследователей и разработки	Демонстрирует свободное и уверенное владение навыками работы с группой исследователей и

		следователей и разработки методики решения задач профессиональной деятельности включающих Уравнения математической физики. Допускает достаточно серьезные ошибки.	методики решения задач профессиональной деятельности включающих Уравнения математической физики. Допускает отдельные негрубые ошибки.	методики решения задач профессиональной деятельности включающих Уравнения математической физики. Не допускает ошибок.	разработки методики решения задач профессиональной деятельности включающих Уравнения математической физики. Не допускает ошибок.
ПК-3.3. Владеет методами научного прогнозирования, методами работы на современных физических установках и навыками работы с пакетами прикладных программ физико-технических систем.	Отсутствие владения	Демонстрирует удовлетворительный уровень владения навыками работы с пакетами прикладных программ экспериментальной и теоретической физики. Допускает достаточно серьезные ошибки.	Демонстрирует хороший уровень владения навыками работы с пакетами прикладных программ экспериментальной и теоретической физики. Допускает отдельные негрубые ошибки.	Демонстрирует высокий уровень владения навыками работы с пакетами прикладных программ экспериментальной и теоретической физики. Не допускает ошибок.	Демонстрирует свободное и уверенное владение навыками работы с группой исследователей и разработки методики решения задач профессиональной деятельности включающих Уравнения математической физики. Не допускает ошибок.
	Отсутствие умения	Демонстрирует частичное умение применять на практике математические модели, методы и средства проектирования и автоматизации систем на практике. Допускает множественные грубые ошибки.	Демонстрирует достаточно устойчивое умение применять на практике математические модели, методы и средства проектирования и автоматизации систем на практике. Допускает отдельные негрубые ошибки.	Демонстрирует устойчивое умение применять на практике математические модели, методы и средства проектирования и автоматизации систем на практике. Не допускает ошибок.	Демонстрирует свободное и уверенное умение применять на практике математические модели, методы и средства проектирования и автоматизации систем на практике. Не допускает ошибок.
	Отсутствие умения	Демонстрирует частичное применять полученные знания для решения поставленных задач в своей научно-исследовательской ра-	Демонстрирует достаточно устойчивое умение применять полученные знания для решения поставленных задач в своей научно-исследователь-	Демонстрирует устойчивое умение применять полученные знания для решения поставленных задач в своей научно-исследователь-	Демонстрирует свободное и уверенное умение применять полученные знания для решения поставленных задач в своей научно-исследователь-

		боте. Допускает множествен- ные грубые ошибки.	ской работе. Допускает от- дельные негру- бые ошибки.	Не допускает ошибок.	ской работе. Не допускает ошибок.
--	--	--	--	-------------------------	---

При балльно-рейтинговой системе все знания, умения и навыки, приобретаемые студентами в результате изучения дисциплины, оцениваются в баллах.

Оценка качества работы в рейтинговой системе является накопительной и используется для оценивания системной работы студентов в течение всего периода обучения.

По итогам работы в семестре студент может получить максимально **70** баллов. Итоговой формой контроля в IV семестре является экзамен. На экзамене студент может набрать максимально **30** баллов.

В течение IV семестра студент может заработать баллы за следующие виды работ:

№	Вид работы	Сумма баллов
1	Аудиторные занятия (посещение)	17
2	Работа на практических занятиях	33
3	Сдача домашней контрольной работы (ПП-2.1)	10
4	Сдача домашней контрольной работы (ПП-2.2)	10
	Итого:	70

Если к моменту окончания семестра студент набирает от **51** до **70** баллов, то он получает допуск к экзамену.

Если студент к моменту окончания семестра набирает от **61** до **70** баллов, то он может получить автоматическую оценку «удовлетворительно». При желании повысить свою оценку, студент имеет право отказаться от автоматической оценки и сдать экзамен.

Если студент не набрал минимального числа баллов (**51** балл), то он не получает допуск к экзамену.

По итогам работы в семестре студент может получить максимально **70** баллов. Итоговой формой контроля в V семестре является зачёт с оценкой. На зачёте студент может набрать максимально **30** баллов.

В течение V семестра студент может заработать баллы за следующие виды работ:

№	Вид работы	Сумма баллов
1	Аудиторные занятия (посещение)	17
2	Работа на практических занятиях	33
3	Сдача домашней контрольной работы (ПП-2.1)	10
4	Сдача домашней контрольной работы (ПП-2.2)	10
	Итого:	70

Если к моменту окончания семестра студент набирает от **51** до **70** баллов, то он получает допуск к зачёту.

Если студент к моменту окончания семестра набирает от **61** до **70** баллов, то он может получить автоматическую оценку «удовлетворительно». При желании повысить свою оценку, студент имеет право отказаться от автоматической оценки и сдать зачёт с оценкой.

Если студент не набрал минимального числа баллов (**51** балл), то он не получает допуск к зачёту.

Соответствие рейтинговых баллов и академических оценок экзамена

Общая сумма баллов за семестр	Итоговая оценка
86-100	Отлично
71-85	Хорошо
51-70	Допуск к экзамену (зачёту)
в том числе:	
61-70	Возможность получения автоматической оценки «удовлетворительно»
51-60	Только допуск к экзамену
0-50 *	Неудовлетворительно (студент не допущен к экзамену (зачёту))

Текущий контроль успеваемости осуществляется в процессе выполнения практических и самостоятельных работ в соответствии с ниже приведенным графиком.

<i>№ п/п</i>	<i>№ раздела дисциплины</i>	<i>Содержание самостоятельной работы (IV сем.)</i>	<i>Трудоемкость</i>
1 (ПР-2.1)	1-6	Домашняя практическая работа «Конечные (точные) численные методы.» (индивидуальное задание для каждого студента)	6
2 (ПР-2.2)	6-8	Домашняя практическая работа «Итерационные численные методы.» (индивидуальное задание для каждого студента)	7

<i>№ п/п</i>	<i>№ раздела дисциплины</i>	<i>Содержание самостоятельной работы (V сем.)</i>	<i>Трудоемкость</i>
1 (ПР-2.1)	1-6	Домашняя контрольная работа «Парные регрессионные математические модели.» (индивидуальное задание для каждого студента)	6
2 (ПР-2.2)	6-8	Домашняя контрольная работа «Множественные регрессионные математические модели.» (индивидуальное задание для каждого студента)	7

График выполнения самостоятельных работ студентами в IV и V семестре

Виды работ	Недели учебного процесса																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
ПР-2.1		ВЗ												33			
ПР-2.2									ВЗ							33	

ВЗ – выдача задания

33 – защита задания

Процедура оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по дисциплине предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

- в печатной форме,
- в печатной форме увеличенным шрифтом,
- в форме электронного документа.

Данный перечень может быть конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.

При необходимости обучающемуся инвалиду и лицу с ОВЗ предоставляется

дополнительное время для подготовки ответа на зачете или экзамене. У обучающегося инвалида и лица с ОВЗ имеется возможность выбора формы контроля на практических занятиях, зачетах, экзаменах, подходящая конкретно для него.

Перечень обязательных видов учебной работы студента:

- посещение лекционных занятий;
- ответы на теоретические вопросы на практических занятиях;
- решение практических задач и заданий на практических занятиях;
- выполнение устных сообщений

Инновационные формы проведения учебных занятий

Семестр	Вид учебных занятий	Используемые инновационные формы проведения учебных занятий	Количество академ. часов
IV	Практические занятия	Обсуждение и разбор конкретных задач повышенной сложности.	4
V	Практические занятия	Обсуждение и разбор конкретных задач повышенной сложности.	4
Всего:			8

Процедура промежуточной аттестации проходит в соответствии с «Положением о балльно-рейтинговой системе оценки и текущем контроле успеваемости студентов», а также «Положением о промежуточной аттестации» университета «Дубна».

Адаптированная рабочая программа учебной дисциплины (модуля) разработана в отношении разнонозологической учебной группы обучающихся, имеющих документально подтвержденные нарушения слуха, зрения, опорно-двигательного аппарата, соматические заболевания и поддающиеся коррекции нервно-психические нарушения или сочетанные нарушения.

Список вопросов к экзамену (IV семестр)

1. Линейные нормированные пространства. Гильбертово, Евклидово пространства.
2. Нормы векторов. Непрерывность нормы. Подчиненные нормы операторов.
3. Линейные операторы (ограниченность, непрерывность, эрмитово сопряжение). Понятие нормы оператора, ее непрерывность.
4. Самосопряженные операторы и ортогональные операторы (вращений) .
5. Операторы перестановок. Свойства определителей. Обратная матрица.
6. Свойства треугольных матриц. Элементарные треугольные матрицы.
7. Виды погрешностей при компьютерных вычислениях. Оценка величины погрешности.
8. Метод Гаусса. Выбор ведущего элемента.
9. Число действий в методе Гаусса. Условия применимости метода Гаусса.
10. Метод Гаусса с выбором ведущего элемента в матричной форме.

11. Обращение матрицы методом Гаусса. Оценка Числа действий.
12. Устойчивость систем линейных уравнений. Число обусловленности. Оценка относительной погрешности.
13. Итерационные методы для систем линейных уравнений. Матричная форма.
14. Сходимость итерационных методов для систем линейных уравнений. Достаточное условие сходимости и его следствия.
15. Необходимое и достаточное условие сходимости стационарных итерационных методов для систем линейных уравнений.
16. Вычисление характеристического многочлена матрицы методом подобного преобразования. Задача вычисления собственных векторов.
17. Поиск максимального собственного значения матрицы и соответствующего собственного вектора степенным методом.
18. Интерполирование. Интерполирование алгебраическими многочленами. Интерполяционная формула Лагранжа.
19. Интерполирование. Интерполирование алгебраическими многочленами. Интерполяционная формула Ньютона.
20. Интерполирование алгебраическими многочленами. Эквивалентность формул Лагранжа и Ньютона.
21. Погрешность интерполирования алгебраическими многочленами. Экстраполирование.
22. Сходимость процесса интерполяции многочленами. Понятие сплайна.
23. Кубический сплайн.
24. Численное интегрирование. Формулы прямоугольников, трапеций, Симпсона.
25. Апостериорная оценка погрешности интегрирования (по Рунге).
26. Численное дифференцирование. Оценка погрешности при дифференцировании.
27. Решение нелинейных уравнений. Метод бисекции. Метод простой итерации.
28. Решение нелинейных уравнений. Метод касательных Ньютона и упрощенный метод Ньютона.
29. Решение нелинейных уравнений. Метод секущих.
30. Численные методы решения задачи Коши. Метод Эйлера. Симметричная схема.
31. Численные методы решения задачи Коши. Метод Рунге-Кутты 2-го порядка точности.

32. Общая формулировка методов Рунге-Кутты. Примеры.

Содержание экзаменационного билета

1 вопрос – фундаментальная теория (знать + уметь)

2 вопрос – прикладная теория (уметь + владеть)

Практическая задача

Список вопросов к зачёту с оценкой (V семестр)

1. Ковариация и коэффициент корреляции (свойства).
2. Предельные теоремы (общий смысл).
3. Генеральная совокупность и выборка в статистике.
Выборочные среднее и дисперсия.
4. Точечные оценки, их свойства.
5. Примеры несмещенной и эффективной оценок.
6. Дисперсия выборочного среднего.
7. Исправленная дисперсия, и ее несмещенность.
8. Интервальные оценки, построение доверительного интервала.
9. Интервальная оценка для МО $M(x)$ нормального распределения при известной дисперсии.
10. Интервальная оценка для МО $M(x)$ нормального распределения при неизвестной дисперсии.
11. Интервальная оценка для дисперсии "нормальной" СВ.
12. Статистическая проверка гипотез
(нулевая и альтернативная гипотезы, ошибки I и II рода, статистический критерий).
13. Порядок проверки гипотез. Связь с построением доверительного интервала.
14. Проверка гипотез о виде распределения. Критерий Пирсона.
15. Проверка гипотезы о нормальности распределения.
16. Регрессионные модели (объект исследования и цели).
17. Случайный фактор ϵ в регрессионных моделях.
18. Модель парной линейной регрессии. Связь ее качества с характером случайного фактора ϵ .
19. МНК в моделях парной линейной регрессии.

20. Условия Гаусса-Маркова применимости МНК в моделях линейной регрессии.
21. Анализ точности определения коэффициентов моделей парной линейной регрессии. Их дисперсии.
22. Дисперсия случайного фактора моделей регрессии $D(\epsilon)$, ее точечная оценка.
23. Проверка гипотезы о коэффициенте модели регрессии β_1 , его статистическая значимость.
24. Интервальные оценки коэффициентов модели линейной регрессии.
25. Доверительный интервал для среднего значения объясняемой переменной модели.
26. Доверительный интервал для предсказания индивидуального значения зависимой переменной модели.
27. Коэффициент детерминации R^2 в модели парной линейной регрессии.
28. Модель множественной линейной регрессии. Случайный фактор ϵ .
29. МНК в моделях множественной линейной регрессии. Матричная формулировка.
30. Дисперсии коэффициентов модели множественной линейной регрессии. Матричная формулировка.
31. Интервальные оценки для коэффициентов модели множественной линейной регрессии.
32. Качество модели множественной линейной регрессии, коэффициент детерминации.
33. Статистическая значимость коэффициентов модели множественной линейной регрессии.
34. Проверка гипотезы о равенстве нулю части коэффициентов модели множественной линейной регрессии.
35. Проверка некоррелированности соседних отклонений. Критерий Дарбина-Ватсона.
36. Нелинейные регрессионные модели, сводимые к линейным.
37. (Гетеро) гомоскедастичность [(не)постоянство дисперсий отклонений], способы обнаружения.
38. Метод взвешенных наименьших квадратов (МВНК).
39. Автокорреляция. Метод рядов. Авторегрессионная схема 1-го порядка.
40. Распределения СВ: а) нормальное, б) хи-квадрат, в) Стьюдента, г) Фишера.
41. Дисперсионный анализ в математическом моделировании.

Примеры заданий домашней контрольной работы (ПР-2.1) (IV семестр)

При выполнении практических заданий предполагается использование пакетов программ Maxima и C++ или Basic.

1. *Построение матрицы заданного вращения 3-х мерного пространства. Построение ортонормированного базиса гильбертова пространства со скалярным произведением в виде определенного интеграла. (С использованием пакета MAXIMA.)* Любое вращение 3-х мерного пространства можно свести максимум к 5-ти базисным вращениям вокруг базисных осей. Следовательно результат можно представить как произведение не более, чем 5-ти базисных матриц. Ортонормированный базис следует строить рекуррентно, наращивая степень базисных многочленов начиная с нулевой. В результате должен получиться бесконечный набор многочленов пропорциональных известным полиномам Лежандра.

Примеры заданий домашней контрольной работы (ПР-2.2) (IV семестр)

2. *Реализация итерационного метода Зейделя для решения СЛУ. (Используется C++ или Basic.)* Метод Зейделя примененный к СЛУ симметризованной по Гауссу гарантированно сходится. Поэтому сначала надлежит осуществить симметризацию. Далее следует определиться с критерием достижения заданной точности. Для этого используется сравнение 2-х последовательно вычисленных итерационных векторов по какой-либо известной норме.

Примеры заданий домашней контрольной работы (ПР-2.1) (V семестр)

При выполнении вычислений предполагается использование пакетов программ, облегчающих работу со статистическими данными, например, LibreOffice, Maxima, Statistica.

1. Расчет мат-ожиданий, дисперсий, коэффициента корреляции с помощью пакета LibreOffice,
2. Получить доверительные интервалы для мат-ожидания и дисперсии в контексте нормального распределения основной случайной величины.
3. Проверить нормальность распределения по данной выборке с помощью критерия Пирсона.
4. Построить модель парной линейной регрессии. Получить интервальные оценки для ее коэффициентов.
5. Предсказать с помощью модели линейной регрессии значение зависимой переменной на заданном уровне достоверности. Вычислить коэффициент детерминации.

Примеры заданий домашней контрольной работы (ПР-2.2) (V семестр)

6. Построить матричным методом множественную линейную регрессию. Сделать интервальные оценки для ее коэффициентов.
7. Построить матричным методом парную нелинейную регрессию. Сделать интервальные оценки для ее коэффициентов.
8. Для построенных линейных регрессий проверить наличие автокорреляции по Дарбину-Уотсону.

Тест

1. Чтобы линейный оператор был непрерывен как отображение необходимо и достаточно, чтобы он был:
 - 1) Самосопряжен,
 - 2) Симметричен,
 - 3) Ограничен,
 - 4) Диагонален.

Ответ: 3)

2. Спектральный радиус матрицы это:
 - 1) Модуль определителя,
 - 2) Максимальный модуль собственного значения,
 - 3) Модуль максимального собственного значения,
 - 4) Евклидова норма матрицы.

Ответ: 2)

3. Чтобы Метод Простой Итерации для решения систем линейных алгебраических уравнений сходиллся необходимо и достаточно чтобы:
 - 1) Модуль определителя матрицы перехода был меньше 1,
 - 2) Модули диагональных элементов матрицы перехода были меньше 1,
 - 3) Кубическая норма матрицы перехода была меньше 1,
 - 4) Все модули собственных значений матрицы перехода были меньше 1.

Ответ: 4)

4. Метод секущих решения нелинейного алгебраического уравнения - это упрощение метода:
 - 1) Бисекции,
 - 2) Хорд,

- 3) Парабол,
- 4) Касательных (Ньютона).

Ответ: 4)

5. Симметричная схема (средней точки) решения задачи Коши для обыкновенного дифференциального уравнения является:

- 1) Неявным методом,
- 2) Явным методом,
- 3) Методом первого порядка точности,
- 4) Частным случаем метода Рунге-Кутты.

Ответ: 1)

6. Какая статистика используется при проверке гипотез о значениях коэффициентов модели линейной регрессии?

- 1) Гаусса (нормальное распределение),
- 2) Фишера (F-статистика),
- 3) χ^2 -статистика,
- 4) Стьюдента (t-статистика).

Ответ: 4)

7. Какая статистика используется при интервальном оценивании дисперсии по выборке?

- 1) Гаусса (нормальное распределение),
- 2) Фишера (F-статистика),
- 3) χ^2 -статистика,
- 4) Стьюдента (t-статистика).

Ответ: 3)

8. Какая статистика используется при проверке значимости коэффициента детерминации модели множественной линейной регрессии?

- 1) Гаусса (нормальное распределение),
- 2) Фишера (F-статистика),
- 3) χ^2 -статистика,
- 4) Стьюдента (t-статистика).

Ответ: 2)

9. Для чего используется дисперсионный анализ?

- 1) Для множественного сравнения средних нескольких выборок,
- 2) Для множественного сравнения дисперсий нескольких выборок,

- 3) Для попарного сравнения средних нескольких выборок,
- 4) Для попарного сравнения дисперсий нескольких выборок.

Ответ: 1)

10. Когда применяют Взвешенный Метод Наименьших Квадратов?

- 1) При отсутствии однородности дисперсий остатков,
- 2) При автокорреляции остатков,
- 3) При нелинейности регрессионной модели,
- 4) При малом коэффициенте детерминации.

Ответ: 1)

Вопросы для диагностической работы

1. Как растёт число действий в алгоритме Гаусса для решения систем линейных алгебраических уравнений с ростом числа уравнений N ?

Ответ: как $N^3/3$.

2. Как называется оценка достигнутой точности итерационного алгоритма, проводимая после каждой очередной итерации?

Ответ: апостериорная.

3. Что позволяет найти степенной метод поиска собственного значения?

Ответ: максимальное по модулю невырожденное собственное значение.

4. Какой степени строится интерполяционный многочлен Лагранжа по N узлам?

Ответ: $(N - 1)$.

5. Какой порядок точности по шагу имеет метод Симпсона (парабол) для численного интегрирования?

Ответ: 5-ый.

6. Какой порядок точности имеет метод Эйлера решения задачи Коши для обыкновенного дифференциального уравнения?

Ответ: 1-ый.

7. Что такое уровень значимости (альфа)?

Ответ: вероятность ошибки 1-го рода.

8. Сколько степеней свободы имеет модель парной линейной регрессии, построенная по N точкам?

Ответ: $(N - 2)$.

9. В каком диапазоне изменяется коэффициент детерминации регрессионной модели?

Ответ: **[0; 1]**.

10. Что находится на диагонали дисперсионно-ковариационной матрицы модели множественной линейной регрессии?

Ответ: дисперсии коэффициентов регрессии.