

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Б1.В.ДВ.02.02.01 ТЕПЛОФИЗИКА

Численные методы технической физики

наименование дисциплины (модуля) в соответствии с учебным планом

Направление подготовки / специальность

03.03.02 Физика

Направленность (профиль)

03.03.02.33 Фундаментальная и прикладная физика

Форма обучения

очная

Год набора

2023

Красноярск 2023

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Программу составили _____

канд. физ.-мат. наук, доцент, А.В. Минаков

должность, инициалы, фамилия

1 Цели и задачи изучения дисциплины

1.1 Цель преподавания дисциплины

Дисциплина «Численные методы технической физики» представляет собой одну из важных общепрофессиональных дисциплин при подготовке бакалавров.

Изучение дисциплины базируется на материале предшествующих естественно – научных и общепрофессиональных дисциплин.

Целью изучения дисциплины является формирование у студентов основы системы знаний о математическом моделировании и вычислительных методах описания физических процессов.

1.2 Задачи изучения дисциплины

В результате изучения дисциплины студент должен приобрести знания, умения и навыки, необходимые для его профессиональной деятельности.

1.3 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения по дисциплине
ПК-2: Способен к выполнению физических экспериментов и (или) теоретических исследований по заданной методике, составлению описания проводимых исследований и анализу результатов	
ПК-2.1: Выбирает методы проведения физических экспериментов и (или) теоретических исследований, обобщения и обработки информации	методы математического анализа, моделирования, оптимизации и статистики для решения задач, возникающих в ходе профессиональной деятельности источники погрешности численных решений и способы их оценки основные численные методы линейной алгебры, методы численного дифференцирования и интегрирования пользоваться методами математического анализа пользоваться программными комплексами для моделирования различных задач применять методы моделирования для оптимизации и решения задач, возникающих в ходе профессиональной деятельности навыками использования методов оценивания и анализа полученных данных, систематизирования и обработки полученных в ходе моделирования и решения задач результатов навыками реализации на ЭВМ вычислительных алгоритмов навыками реализации на ЭВМ вычислительных алгоритмов для методов численного интегрирования

ПК-2.2: Оформляет результаты научно-исследовательских и (или)	методы математического анализа, моделирования, оптимизации и статистики для решения задач, возникающих в ходе профессиональной
опытно-конструкторских работ	<p>деятельности</p> <p>источники погрешности численных решений и способы их оценки</p> <p>основные численные методы линейной алгебры, методы численного дифференцирования и интегрирования</p> <p>пользоваться методами математического анализа</p> <p>пользоваться программными комплексами для моделирования различных задач</p> <p>применять методы моделирования для оптимизации и решения задач, возникающих в ходе профессиональной деятельности</p> <p>навыками использования методов оценивания и анализа полученных данных</p> <p>навыками систематизирования и обработки полученных результатов в ходе моделирования и решения задач результатов</p> <p>навыками реализации на ЭВМ вычислительных алгоритмов для методов численного интегрирования</p>
ПК-2.3: Составляет отчеты (разделы отчетов) по теме или по результатам проведенных экспериментов	<p>основные способы анализа научно-технической информации, отечественный и зарубежный опыт по тематике исследований</p> <p>основные численные методы линейной алгебры отечественной и зарубежной разработки</p> <p>методы интерполяции и аппроксимации функций с учётом их применимости в нашей стране и за рубежом</p> <p>пользоваться глобальными информационными ресурсами и проводить детальный анализ информации</p> <p>ориентироваться в информационных потоках с целью пополнения своих знаний в области современных проблем физики и смежных наук</p> <p>Использовать основные способы анализа состояния научно-технической проблемы путем подбора, изучения и анализа литературных и патентных источников по тематике исследований</p> <p>навыками подбора, изучения и анализа литературных и патентных источников по тематике исследований, детального анализа полученной информации</p> <p>навыками лаконичного представления собранных материалов и фактов в соответствии с требованиями, предъявляемыми к научным обзорам</p> <p>навыками использования информационных технологий</p>

1.4 Особенности реализации дисциплины

Язык реализации дисциплины: Русский.

Дисциплина (модуль) реализуется без применения ЭО и ДОТ.

2. Объем дисциплины (модуля)

Вид учебной работы	Всего, зачетных единиц (акад.час)	Сем естр	
		1	2
Контактная работа с преподавателем:	3 (108)		
занятия лекционного типа	1 (36)		
лабораторные работы	2 (72)		
Самостоятельная работа обучающихся:	2 (72)		
курсовое проектирование (КП)	Нет		
курсовая работа (КР)	Нет		
Промежуточная аттестация (Зачёт) (Экзамен)	1 (36)		

3 Содержание дисциплины (модуля)

3.1 Разделы дисциплины и виды занятий (тематический план занятий)

		Контактная работа, ак. час.							
№ п/п	Модули, темы (разделы) дисциплины	Занятия лекционного типа		Занятия семинарского типа				Самостоятельная работа, ак. час.	
				Семинары и/или Практические занятия		Лабораторные работы и/или Практикумы			
		Всего	В том числе в ЭИОС	Всего	В том числе в ЭИОС	Всего	В том числе в ЭИОС	Всего	В том числе в ЭИОС
1. Модуль 1. «Численные методы»									
2. Тема 1. Введение.									
	1. Лекция 1. Введение в курс "Численные методы технической физики". Краткий исторический экскурс. Основные понятия методов вычислительной математики. Лекция 2. Погрешности вычислений на современных компьютерах (исчезновение, переполнение, округление). Примеры некорректных округлений. Абсолютная и относительная погрешности вычислений. Погрешности арифметических операций.	4							
	2. 1. Вычисления с плавающей точкой: определение машинного нуля и машинной бесконечности; построение вычислительных алгоритмов, предотвращающих переполнение и катастрофическую потерю верных знаков.					4			

3. Тема 1.							4	
3. Тема 2. Методы решения алгебраических уравнений и СЛАУ								
1. Лекция 3. Методы решения алгебраических уравнений: дихотомии, хорд, касательных. Лекция 4. Численные методы решения систем линейных алгебраических уравнений. Метод Крамера, метод обращения матрицы, метод Гаусса, метод прогонки, итерационные методы (метод простой итерации, метод релаксации, метод Якоби, метод Зейделя). Вариационно-итерационные методы. Алгебраическая проблема собственных значений. Оценка погрешности и мера обусловленности. Решение систем нелинейных уравнений.	4							
2. Численное решение нелинейного уравнения. 3. Решение системы линейных уравнений. 4. Задача определения собственных значений матрицы.					12			
3. Тема 2.							12	
4. Тема 3. Методы численного интегрирования и дифференцирования.								
1. Лекция 5. Численное интегрирование. Простейшие квадратурные формулы. Формула прямоугольников. Формула трапеций. Формула Симпсона. Квадратурные формулы Ньютона-Котеса. Апостериорная оценка погрешности численного интегрирования методом Рунге. Неквадратурные формулы численного интегрирования - метод Монте-Карло. Лекция 6. Численное дифференцирование. Основные понятия. Влияние вычислительных погрешностей, оптимальный шаг дифференцирования. Простейшие разностные схемы аппроксимации.	4							

2. 5. Вычисление определенного интеграла методами прямоугольников, трапеций и Симпсона с контролем точности по методу Рунге. 6. Численное дифференцирование.						8		
3. Тема 3.							8	
5. Тема 4. Интерполяция функций								
1. Лекция 7. Интерполяция функций. Интерполирование многочленами в форме Лагранжа и Ньютона. Сходимость интерполяционного процесса Сплайн-интерполяция. Линейный интерполяционный сплайн. Кубический интерполяционный сплайн. Метод наименьших квадратов.	2							
2. 7. Интерполирование функции полиномами Лагранжа, Ньютона и кубическими сплайнами. 8. Интерполирование функции методом наименьших квадратов.						8		
3. Тема 4.							8	
6. Тема 5. Методы решения обыкновенных дифференциальных уравнений.								
1. Лекция 8. Численные методы решения обыкновенных дифференциальных уравнений. Метод Эйлера для задачи Коши. Методы Рунге-Кутты. Методы Адамса. Лекция 9. Аппроксимация и сходимость. Устойчивость задачи и разностной схемы. Задача Коши для системы дифференциальных уравнений. Жесткие системы дифференциальных уравнений.	4							
2. 8. Численное решение задачи Коши по методу Эйлера и Рунге-Кутты 4-го порядка.						4		
3. Тема 5.							4	
4. Модуль 1								

7. Модуль 2. «Методы решения уравнений в частных производных»								
8. Тема 6. Общие понятия теории разностных схем.								
1. Лекция 10. Общие сведения из теории разностных схем, основные определения и понятия. Простейшие схемы аппроксимации дифференциальных выражений. Теория аппроксимации, устойчивости и сходимости разностных схем. Теорема эквивалентности. Методы исследования устойчивости разностных схем.	2							
2. 10. Разностные аналоги производных. Анализ ошибки аппроксимации производных и устойчивости.					4			
3. Тема 6.							4	
9. Тема 7. Численные методы решения дифференциальных уравнений в частных производных параболического типа.								
1. Лекция 11. Методы решения сеточных уравнений. Трехточечная и пятиточечная прогонка. Метод простых итераций. Методы Якоби и Зейделя. Полинейный метод. Методы вариационного типа. Многосеточный метод. Лекция 12. Численные методы решения дифференциальных уравнений в частных производных параболического типа. Разностные схемы решения уравнения теплопроводности. Исследование сходимости разностных схем для уравнения теплопроводности	4							
2. 11. Методы решения сеточных уравнений. Трехточечная прогонка. Итерационные методы вариационного типа. 12. Методы численного интегрирования уравнений параболического типа на примере нестационарного одномерного уравнения теплопроводности. 13. Численное решение одномерного конвективно-диффузионного уравнения.					12			

3. Тема 7.							12	
10. Тема 8. Численные методы решения дифференциальных уравнений в частных производных гиперболического типа.								
1. Лекция 13. Численные методы решения дифференциальных уравнений в частных производных гиперболического типа. Конечно-разностные схемы решения волнового уравнения. Исследование сходимости разностных схем для гиперболических уравнений. Лекция 14. Разностные схемы решения уравнения переноса. Простейшее линейное уравнение переноса. Квазилинейное уравнение переноса. Гибридные схемы. TVD и ENO-схемы. Метод Годунова. Исследование сходимости разностных схем для уравнения переноса.	4							
2. 14. Методы численного интегрирования уравнений гиперболического типа. Схемы явные "левый" и "правый" уголки. TVD и ENO -схемы. Анализ условий их применимости. 15. Методы численного решения волнового уравнения.					8			
3. Тема 8.							8	
11. Тема 9. Численные методы решения дифференциальных уравнений в частных производных эллиптического типа.								
1. Лекция 15. Численные методы решения дифференциальных уравнений в частных производных эллиптического типа. Решение уравнений Лапласа и Пуассона. Исследование сходимости разностных схем для эллиптических уравнений. Лекция 16. Методы решения сеточных уравнений. Трехточечная и пятиточечная прогонка. Метод простых итераций. Методы Якоби и Зейделя. Полинейный метод. Методы вариационного типа. Многосеточный метод.	4							

2. 16. Методы численного интегрирования уравнений эллиптического типа на примере стационарного двухмерного уравнения теплопроводности.					4			
3. Тема 9.							4	
12. Тема 10. Численные методы решения эволюционных дифференциальных уравнений в частных производных.								
1. Лекция 17. Методы решения эволюционных уравнений в частных производных. Схемы Эйлера, Пе́йре, Кранка-Никольсон, Рунге-Кутты. Исследование сходимости и устойчивости разностных схем для эволюционных уравнений в частных производных. Лекция 18. Методы расщепления. Расщепление по физическим процессам. Методы переменных направлений. Попеременно-треугольные методы. Схема Кранка-Никольсон. Локально-одномерные схемы. Метод предиктор -корректор.	4							
2. 17. Методы решения многомерных уравнений в частных производных. Методы расщепления. 18. Методы решения эволюционных уравнений в частных производных.					8			
3. Тема 10.							8	
4. Модуль 2								
Всего	36				72		72	

4 Учебно-методическое обеспечение дисциплины

4.1 Печатные и электронные издания:

1. Платонов Д. В., Минаков А. В., Дектерев А. А. Компьютерные технологии в науке и образовании: учебно-методическое пособие [для бакалавров и магистров напр. 011200 «Физика», 140700 «Ядерная энергетика и теплофизика», 140800 «Ядерные физика и технологии», 222900 «Нанотехнология и микросистемная техника», 223200 «Техническая физика»](Красноярск: СФУ).
2. Платонов Д. В., Минаков А. В., Дектерев А. А. Математическое моделирование в технической физике: лабораторный практикум [для бакалавров и магистров напр. 011200 «Физика», 140700 «Ядерная энергетика и теплофизика», 140800 «Ядерные физика и технологии», 222900 «Нанотехнология и микросистемная техника», 223200 «Техническая физика»](Красноярск: СФУ).
3. Платонов Д. В., Минаков А. В., Дектерев А. А. Математическое моделирование в технической физике: учебно-методическое пособие [для бакалавров и магистров напр. 011200 «Физика», 140700 «Ядерная энергетика и теплофизика», 140800 «Ядерные физика и технологии», 222900 «Нанотехнология и микросистемная техника», 223200 «Техническая физика»](Красноярск: СФУ).
4. Головизнин В. М., Зайцев М. А., Карабасов С. А., Короткин И. А. Новые алгоритмы вычислительной гидродинамики для многопроцессорных вычислительных комплексов: монография для использования в учебном процессе(Москва: Издательство Московского университета).
5. Платонов Д. В., Минаков А. В., Лобасов А. С., Пряжников М. И. Математическое моделирование в технической физике. Теплообмен в микроканалах и наножидкостях: учебно-методическое пособие [для направлений подготовки бакалавров и магистров 011200 «Физика», 140700 «Ядерная энергетика и теплофизика», 140800 «Ядерные физика и технологии», 222900 «Нанотехнология и микросистемная техника», 223200 «Техническая физика»](Красноярск: СФУ).
6. Платонов Д. В., Минаков А. В., Лобасов А. С., Пряжников М. И. Математическое моделирование в технической физике. Моделирование задач гидродинамики в микроканалах: учебно-методическое пособие [для направлений подготовки бакалавров и магистров 011200 «Физика», 140700 «Ядерная энергетика и теплофизика», 140800 «Ядерные физика и технологии», 222900 «Нанотехнология и микросистемная техника», 223200 «Техническая физика»](Красноярск: СФУ).
7. Высоцкий Л. И., Коперник Г. Р., Высоцкий И. С. Математическое и физическое моделирование потенциальных течений жидкости: учебное пособие(Санкт-Петербург: Лань).
8. Минаков А. В., Шебелева А. А., Шебелев А. В. Численные методы решения алгебраических и трансцендентных уравнений: учебно-методическое пособие [для бакалавров, напр.16.03.01 «Техническая физика»](Красноярск: СФУ).

9. Минаков А. В., Жигарев В. А., Платонов Д. В. Моделирование теплоэнергетических процессов и установок. Гидродинамика.: учебно-методическое пособие [для бакалавров напр.: 16.03.01 «Техническая физика», 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника», для магистров напр.: 14.04.01 «Ядерная энергетика и теплофизика», 13.04.01 «Теплоэнергетика и теплотехника профиль» 13.04.01.00.02 «Энергоэффективные технологии производства тепловой и электрической энергии»](Красноярск: СФУ).
10. Алемасов В. Е., Дрегалин А. Ф., Черенков А. С. Основы теории физико-химических процессов в тепловых двигателях и энергетических установках: учеб. пособие(Москва: Химия).
11. Бойко Е. А. Применение ЭВМ для решения теплоэнергетических задач: учебное пособие(Красноярск: Сибирский промысел).
12. Альчиков В.В., Тимофеев В. Н., Багаев Б. М., Проворова В. Г., Быков В. И., Злобин В. С. Математическое моделирование физических полей в алюминиевых электролизерах: монография(Красноярск: ИПЦ КГТУ).
13. Лойцянский Л. Г. Механика жидкости и газа: учебник для вузов(Москва: Дрофа).
14. Самарский А. А., Вабищевич П. Н. Вычислительная теплопередача: научное издание(Москва: Едиториал УРСС).
15. Самарский А. А., Вабищевич П. Н. Численные методы решения обратных задач математической физики: [учебное пособие](Москва: Эдиториал УРСС).
16. Бойков И. В. Оптимальные методы вычислений и их применение: межвузовский сборник научных трудов(Пенза: Пензенский политехнический институт).
17. Славин В.С., Лобасова М.С., Миловидова Т. А. Механика жидкости и газа: методические указания к решению задач для студентов напр. подготовки дипломированных специалистов 651100 "Техническая физика" (спец. 070700)(Красноярск: ИПЦ КГТУ).
18. Миловидова Т. А., Лобасова М. С. Механика жидкости и газа: методические указания по решению задач для студентов укрупненной группы напр. подготовки спец. 140000 всех форм обучения(Красноярск: СФУ).

4.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, в том числе отечественного производства (программное обеспечение, на которое университет имеет лицензию, а также свободно распространяемое программное обеспечение):

1. 1.Свободно распространяемые программы для научных и инженерных расчетов: Maxima, Scilab, Gnuplot. Сост. М. В. Горев (электронный вариант. pdf –формат)
2. 2.Графическое представление результатов измерений и расчетов. Подготовка графиков в Mathcad, Mathematica и Gnuplot. Сост. М. В. Горев (электронный вариант. pdf –формат)
3. 3.Программный комплекс «sigmaFlow»

4.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационные справочные системы:

1. 1.Электронный каталог [Электронный ресурс]: научная электронная библиотека, предоставляющая доступ к аннотациям научных журналов списков Web of Science, РИНЦ – Режим доступа: <http://www.elibrary.ru>
2. 2.Электронный каталог [Электронный ресурс]: Федеральный портал «Российское образование» – Режим доступа: <http://www.edu.ru>
3. 3.Электронный каталог [Электронный ресурс]: «Образование в Рунете» – Режим доступа: <http://ict.edu.ru/konkurs>

5 Фонд оценочных средств

Оценочные средства находятся в приложении к рабочим программам дисциплин.

6 Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

Методика проведения занятий допускает как использование технических средств (проекторы, интерактивные доски), так и классические аудиторны занятия, обеспечиваемые стандартными материально-техническими средствами.

- 1.Лекционные аудитории должны быть оборудованы современным видеопроекционным оборудованием для презентаций, средствами звуковоспроизведения, экраном, и иметь выход в Интернет, а также иметь интерактивную доску или доску для письма маркерами.
- 2.Помещения для проведения семинарских занятий должны иметь мультимедийное оборудование, а также иметь интерактивную доску или доску для письма маркерами, учебную мебель трансформенного типа.
- 3.Библиотека должна иметь рабочие места для студентов, оснащенные компьютерами с доступом к базам данных, локальную сеть университета и Интернет.
- 4.Наглядные пособия:
 - а) демонстрационные пособия (таблицы, схемы, графики, диаграммы, видеофрагменты);
 - б) пособия на основе раздаточного материала (карточки с заданиями и задачами, ксерокопии фрагментов первоисточников);
 - в) электронные презентации.