

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Воронежский государственный технический университет»



УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета радиотехники и электроники

Небольсин В.А.

«31» августа 2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины

«Математические методы моделирования физических процессов»

Направление подготовки 14.03.01 Ядерная энергетика и теплофизика

Профиль Техника и физика низких температур

Квалификация выпускника бакалавр

Нормативный период обучения 4 года

Форма обучения очная

Год начала подготовки 2019

Автор программы

/ К.Г. Королев /

Заведующий кафедрой
физики твердого тела

/ Ю.Е. Калинин /

Руководитель ОПОП

/ О.В. Калядин /

Воронеж 2021

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1. Цели дисциплины

Изучение методов математического моделирования и описания моделей с использованием информационных технологий.

1.2. Задачи освоения дисциплины

- формирование знаний о принципах моделирования физических процессов;
- формирование навыков использования математических подходов для моделирования физических процессов;
- ознакомление с современными подходами моделирования физических процессов;
- развитие самостоятельно совершенствовать навыки использования принципов моделирования физических процессов.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Математические методы моделирования физических процессов» относится к дисциплинам обязательной части блока Б1.

3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Процесс изучения дисциплины «Математические методы моделирования физических процессов» направлен на формирование следующих компетенций:

ОПК-3 - Способен использовать в профессиональной деятельности современные информационные системы, анализировать возникающие при этом опасности и угрозы, соблюдать основные требования информационной безопасности, в том числе защиты государственной тайны

ОПК-1 - Способен использовать базовые знания естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции
ОПК-3	Знать способы использовать в профессиональной деятельности современные информационные системы, анализировать возникающие при этом опасности и угрозы, соблюдать основные требования информационной безопасности, в том числе защиты государственной тайны

	уметь использовать в профессиональной деятельности современные информационные системы, анализировать возникающие при этом опасности и угрозы, соблюдать основные требования информационной безопасности, в том числе защиты государственной тайны
	владеть способностью использовать в профессиональной деятельности современные информационные системы, анализировать возникающие при этом опасности и угрозы, соблюдать основные требования информационной безопасности, в том числе защиты государственной тайны
ОПК-1	Знать способы использовать базовые знания естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования
	уметь использовать базовые знания естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования
	владеть способностью использовать базовые знания естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Математические методы моделирования физических процессов» составляет 3 з.е. Распределение трудоемкости дисциплины по видам занятий **очная форма обучения**

Виды учебной работы	Всего часов	Семестры
		5
Аудиторные занятия (всего)	72	72
В том числе:		
Лекции	18	18
Практические занятия (ПЗ)	36	36
Лабораторные работы (ЛР)	18	18
Самостоятельная работа	36	36
Виды промежуточной аттестации - зачет	+	+

Общая трудоемкость: академические часы зач.ед.	108 3	108 3
---	----------	----------

5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

5.1 Содержание разделов дисциплины и распределение трудоемкости по видам занятий очная форма обучения

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц	Прак зан.	Лаб. зан.	СРС	Всего, час
1	Введение в математическое моделирование	Основные этапы численного решения задачи на ЭВМ. Основные источники и классификация погрешностей численного решения задач на ЭВМ.	2	2	4	4	12
2	Численное интегрирование	Формулы прямоугольников. Формулы трапеций. Формула Симпсона (метод парабол). Пример вычисления определенного интеграла разными методами.	2	2		4	8
3	Полиномиальная интерполяция	Задачи аппроксимации функции. Интерполяционный многочлен Лагранжа.	2	2		4	8
4	Решение систем линейных алгебраических уравнений	Формула Крамера решения СЛАУ. Метод гаусса с выбором главного элемента. Метод Жордана решения СЛАУ.	2	2	2	4	10
5	Решение нелинейных уравнений	Графический метод. Аналитический метод определения корней. Метод простых итераций. Метод дихотомии. Метод Ньютона. Обобщение методов решения нелинейных уравнений на системы нелинейных уравнений.	2	2	2	4	10
6	Задача Коши для обыкновенных дифференциальных уравнений (ОДУ)	Постановка задачи Коши. Типы задач для ОДУ. Метод решения задачи Коши. Численные методы решения задачи Коши. Метод Эйлера. Неявный метод Эйлера. Метод трапеций.	2	2		4	8
7	Краевые задачи для обыкновенных дифференциальных уравнений	Метод конечных разностей. Метод прогонки.	2	2		4	8

8	Дифференциальные уравнения в частных производных	Примеры и классификация уравнений в частных производных. Постановка задач для уравнений математической физики. Некоторые разностные схемы для уравнения теплопроводности. Аппроксимация, устойчивость и сходимость разностных схем для уравнения теплопроводности. Одномерное нестационарное уравнений теплопроводности.	4	4	2	8	18
Итого			18	36	18	36	108

5.2 Перечень лабораторных работ

- 1) Построение геометрии в программе ELCUT
- 2) Постановка меток, приложение нагрузок, построение сетки в программе ELCUT
- 3) Проведение расчета и анализ результатов в программе ELCUT
- 4) Решение задач теплопроводности в программе ELCUT

6. ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ (РАБОТ) И КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

В соответствии с учебным планом освоение дисциплины не предусматривает выполнение курсового проекта (работы) или контрольной работы.

7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

7.1. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

7.1.1 Этап текущего контроля

Результаты текущего контроля знаний и межсессионной аттестации оцениваются по следующей системе: «аттестован»;

«не аттестован».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Аттестован	Не аттестован
-------------	---	---------------------	------------	---------------

ОПК-3	Знать способы использовать в профессиональной деятельности современные информационные системы, анализировать возникающие при этом опасности и угрозы, соблюдать основные требования информационной безопасности, в том числе защиты государственной тайны	Активная работа на практических занятиях	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	уметь использовать в профессиональной деятельности современные информационные системы, анализировать возникающие при этом опасности и угрозы, соблюдать основные требования информационной безопасности, в том числе защиты	Решение стандартных практических задач	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

	государственной тайны			
	владеть способностью использовать в профессиональной деятельности современные информационные системы, анализировать возникающие при этом опасности и угрозы, соблюдать основные требования информационной безопасности, в том числе защиты государственной тайны	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

ОПК-1	Знать способы использовать базовые знания естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования	Активная работа на практических занятиях	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	уметь использовать базовые знания естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования	Решение стандартных практических задач	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	владеть способностью использовать базовые знания естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

7.1.2 Этап промежуточного контроля знаний

Результаты промежуточного контроля знаний оцениваются в 5 семестре для очной формы обучения по двухбалльной системе:

«зачтено»

«не зачтено»

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Зачтено	Не зачтено
-------------	---	---------------------	---------	------------

ОПК-3	Знать способы использовать в профессиональной деятельности современные информационные системы, анализировать возникающие при этом опасности и угрозы, соблюдать основные требования информационной безопасности, в том числе защиты государственной тайны	Тест	Выполнение теста на 70-100%	Выполнение менее 70%
	уметь использовать в профессиональной деятельности современные информационные системы, анализировать возникающие при этом опасности и угрозы, соблюдать основные требования информационной безопасности, в том числе защиты государственной тайны	Решение стандартных практических задач	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	владеть способностью использовать в профессиональной деятельности современные информационные системы, анализировать возникающие при этом опасности и угрозы, соблюдать основные требования информационной безопасности, в том числе защиты государственной тайны	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	государственной тайны			

ОПК-1	Знать способы использовать базовые знания естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования	Тест	Выполнение теста на 70-100%	Выполнение менее 70%
	уметь использовать базовые знания естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования	Решение стандартных практических задач	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	владеть способностью использовать базовые знания естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены

7.2 Примерный перечень оценочных средств (типичные контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности)

7.2.1 Примерный перечень заданий для подготовки к тестированию

- 1) В программе ELCUT что такое нелинейные материалы?
 - i) материалы, теплопроводность которых меняется с изменением температуры
 - ii) материалы, свойства которых меняются в зависимости от направления изменения параметра
 - iii) материалы с постоянной теплопроводностью
- 2) В программе ELCUT что такое анизотропные материалы?
 - i) материалы, теплопроводность которых меняется с изменением температуры
 - ii) материалы, свойства которых меняются в зависимости от направления изменения параметра
 - iii) материалы с постоянной теплопроводностью
- 3) В программе ELCUT что такое ортотропные материалы?

- i) материалы, теплопроводность которых меняется с изменением температуры
 - ii) материалы, свойства которых меняются в зависимости от направления изменения параметра
 - iii) материалы с постоянной теплопроводностью
- 4) В программе ELCUT (студенческая версия) какое максимальное количество узлов может иметь сетка?
 - 5) В программе ELCUT покажите окно «Свойства задачи»
 - 6) В программе ELCUT покажите окно «Сетка привязки»
 - 7) В программе ELCUT покажите окно для добавления вершин
 - 8) В программе ELCUT покажите окно «Размножение объектов»
 - 9) В программе ELCUT покажите окно «Перемещение объектов»
 - 10) В программе ELCUT покажите окно «Блок задачи»

7.2.2 Примерный перечень заданий для решения стандартных задач

- 1) В программе ELCUT создайте и сохраните файл задачи
- 2) В программе ELCUT какое расширение имеют файлы задачи?
- 3) В программе ELCUT вызовите справочное окно
- 4) В программе ELCUT добавьте фигуру круга диаметром 30 мм
- 5) В программе ELCUT добавьте фигуру прямоугольника размером 30x25 мм
- 6) В программе ELCUT добавьте фигуру эллипса размером 30x25 мм
- 7) В программе ELCUT создайте новую задачу с типом «Теплопередача стационарная» с единицами измерения в миллиметрах
- 8) В программе ELCUT настройте шаг сетки 2 мм
- 9) В программе ELCUT продемонстрируйте выделение произвольного объекта прямоугольной формы
- 10) В программе ELCUT продемонстрируйте копирование и вставку произвольного объекта прямоугольной формы

7.2.3 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач

- 1) В программе ELCUT продемонстрируйте процедуру размножения произвольного объекта прямоугольной формы методом переноса
- 2) В программе ELCUT продемонстрируйте процедуру размножения произвольного объекта прямоугольной формы методом поворота
- 3) В программе ELCUT продемонстрируйте процедуру размножения произвольного объекта прямоугольной формы методом симметрии
- 4) В программе ELCUT продемонстрируйте процедуру размножения произвольного объекта прямоугольной формы методом масштабирования
- 5) В программе ELCUT продемонстрируйте процедуру перетаскивания произвольного объекта прямоугольной формы
- 6) В программе ELCUT создайте задачу «Теплопроводность стационарная» и укажите толщину пластины 1 мм
- 7) В программе ELCUT создайте задачу «Теплопроводность стационарная» и измените для ребра зону конвекции произвольными параметрами теплоемкости и температуры
- 8) В программе ELCUT создайте задачу «Теплопроводность стационарная» и укажите значение источника тепла 100 Вт/м
- 9) В программе ELCUT создайте и решите задачу «Теплопроводность стационарная» с произвольными параметрами и выведите на экран картину поля температуры с наложенными изотермами

- 10) В программе ELCUT создайте и решите задачу «Теплопроводность стационарная» с произвольными параметрами и выведите на экран картину поля температуры с наложенными векторами

7.2.4 Примерный перечень вопросов для подготовки к зачету

Основные этапы численного решения задачи на ЭВМ. Основные источники и классификация погрешностей численного решения задач на ЭВМ.

Формулы прямоугольников. Формулы трапеций. Формула Симпсона (метод парабол). Пример вычисления определенного интеграла разными методами.

Задачи аппроксимации функции. Интерполяционный многочлен Лагранжа.

Формула Крамера решения СЛАУ. Метод Гаусса с выбором главного элемента. Метод Жордана решения СЛАУ.

Графический метод. Аналитический метод определения корней. Метод простых итераций. Метод дихотомии. Метод Ньютона. Обобщение методов решения нелинейных уравнений на системы нелинейных уравнений.

Постановка задачи Коши. Типы задач для ОДУ. Метод решения задачи Коши. Численные методы решения задачи Коши. Метод Эйлера. Неявный метод Эйлера. Метод трапеций.

Метод конечных разностей. Метод прогонки.

Примеры и классификация уравнений в частных производных. Постановка задач для уравнений математической физики. Некоторые разностные схемы для уравнения теплопроводности. Аппроксимация, устойчивость и сходимости разностных схем для уравнения теплопроводности. Одномерное нестационарное уравнение теплопроводности

7.2.5 Примерный перечень вопросов для подготовки к экзамену

Не предусмотрено учебным планом

7.2.6. Методика выставления оценки при проведении промежуточной аттестации

Зачет проводится по тест-билетам, каждый из которых содержит 2 вопроса и задачу. Каждый правильный ответ на вопрос в тесте оценивается 5 баллами, задача оценивается в 10 баллов (5 баллов верное решение и 5 баллов за верный ответ). Максимальное количество набранных баллов – 20.

1. Оценка «Неудовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал менее 6 баллов.

2. Оценка «Удовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал от 6 до 10 баллов

3. Оценка «Хорошо» ставится в случае, если студент набрал от 11 до 15 баллов.

4. Оценка «Отлично» ставится, если студент набрал от 16 до 20 баллов.)

7.2.7 Паспорт оценочных материалов

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции	Наименование оценочного средства
1	Введение в математического моделирование	ОПК-3, ОПК-1	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту....
2	Численное интегрирование	ОПК-3, ОПК-1	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту....
3	Полиномиальная интерполяция	ОПК-3, ОПК-1	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту....
4	Решение систем линейных алгебраических уравнений	ОПК-3, ОПК-1	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту....
5	Решение нелинейных уравнений	ОПК-3, ОПК-1	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту....
6	Задача Коши для обыкновенных дифференциальных уравнений (ОДУ)	ОПК-3, ОПК-1	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту....
7	Краевые задачи для обыкновенных дифференциальных уравнений	ОПК-3, ОПК-1	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту....
8	Дифференциальные уравнений в частных производных	ОПК-3, ОПК-1	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту....

7.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

Тестирование осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных тест-заданий на бумажном носителе. Время тестирования 30 мин. Затем осуществляется

проверка теста экзаменатором и выставляется оценка согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение стандартных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение прикладных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

8 УЧЕБНО МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ)

8.1 Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

1. *Вержбицкий. В.М. Основы численных методов: учебник для вузов / В.М. Вержбицкий. - М.: Высш. шк. - 2002. - 840 с.*
2. *Численные методы / Н.С. Бахвалов. Н.П. Жидков. Г.М. Кобельков. - М.: Лаборатория Базовых Знаний. 2001. - 632 с.*
3. *Самарский А.А. Теория разностных схем. - М: Наука. 1977. - 656 с.*
4. *Самарский А.А., Вабищевич П.Н. Вычислительная теплопередача. - М.: Едиториал УРСС, 2003. - 782 с.*
5. *Кузнецов Г.В., Шеремет М.А. Разностные методы решения задачи теплопроводности. - Томск: Изд-во ТПУ. 2007. - 172 с.*

8.2 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень лицензионного программного обеспечения, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

- 1) *MS Word*
- 2) *Mathcad*
- 3) *ELCUT*
- 4) <https://elibrary.ru>
- 5) <https://cchgeu.ru>

9 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА, НЕОБХОДИМАЯ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

Для проведения лекционных, лабораторных и практических занятий необходима аудитория, оснащенная оборудованием для лекционных

демонстраций и проекционной аппаратурой, персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет.

10. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

По дисциплине «Математические методы моделирования физических процессов» читаются лекции, проводятся практические занятия и лабораторные работы.

Основой изучения дисциплины являются лекции, на которых излагаются наиболее существенные и трудные вопросы, а также вопросы, не нашедшие отражения в учебной литературе.

Практические занятия направлены на приобретение практических навыков математического моделирования физических процессов. Занятия проводятся путем решения конкретных задач в аудитории.

Лабораторные работы выполняются на лабораторном оборудовании в соответствии с методиками, приведенными в указаниях к выполнению работ.

Вид учебных занятий	Деятельность студента
Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; помечать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначение вопросов, терминов, материала, которые вызывают трудности, поиск ответов в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на лекции или на практическом занятии.
Практическое занятие	Конспектирование рекомендуемых источников. Работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам, просмотр рекомендуемой литературы. Прослушивание аудио- и видеозаписей по заданной теме, выполнение расчетно-графических заданий, решение задач по алгоритму.
Лабораторная работа	Лабораторные работы позволяют научиться применять теоретические знания, полученные на лекции при решении конкретных задач. Чтобы наиболее рационально и полно использовать все возможности лабораторных для подготовки к ним необходимо: следует разобрать лекцию по соответствующей теме, ознакомиться с соответствующим разделом учебника, проработать дополнительную литературу и источники, решить задачи и выполнить другие письменные задания.

<p>Самостоятельная работа</p>	<p>Самостоятельная работа студентов способствует глубокому усвоения учебного материала и развитию навыков самообразования. Самостоятельная работа предполагает следующие составляющие: - работа с текстами: учебниками, справочниками, дополнительной литературой, а также проработка конспектов лекций; - выполнение домашних заданий и расчетов;</p> <ul style="list-style-type: none"> - работа над темами для самостоятельного изучения; - участие в работе студенческих научных конференций, олимпиад; - подготовка к промежуточной аттестации.
<p>Подготовка к промежуточной аттестации</p>	<p>Готовиться к промежуточной аттестации следует систематически, в течение всего семестра. Интенсивная подготовка должна начаться не позднее, чем за месяц-полтора до промежуточной аттестации. Данные перед зачетом три дня эффективнее всего использовать для повторения и систематизации материала.</p>