

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

**Б1.О.24 Аддитивные технологии**

наименование дисциплины (модуля) в соответствии с учебным планом

Направление подготовки / специальность

03.05.02 Фундаментальная и прикладная физика

Направленность (профиль)

03.05.02 Фундаментальная и прикладная физика

Форма обучения

очная

Год набора

2022

Красноярск 2022

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Программу составили \_\_\_\_\_

д.ф.-м.н., профессор, С.И.Бурков

\_\_\_\_\_  
должность, инициалы, фамилия

## 1 Цели и задачи изучения дисциплины

### 1.1 Цель преподавания дисциплины

Цель преподавания дисциплины - получение знаний по основам прикладного программирования для решения физических, технических и технологических задач

### 1.2 Задачи изучения дисциплины

Задачи изучения дисциплины:

- ознакомить учащихся с основами современных информационных технологий, тенденциями их развития, техническими средствами и программным обеспечением, необходимыми для жизни и деятельности в информационном обществе;

- научить студентов практическому использованию средств новых информационных технологий (НИТ) в образовании, при решении прикладных задач в различных предметных областях и применению мультимедиа технологий в образовательной и научной 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
<b>ОПК-3: Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности;</b>	
ОПК-3.1: Понимает основы современных информационных технологий	знать принцип работы пакета COMSOL MultiPhysics
ОПК-3.2: Применяет знания и умения в области информационных технологий при проведении научно-исследовательских работ и решении прикладных задач	уметь использовать современные информационные технологии для решения прикладных задач
<b>ПК-3: Способен разрабатывать и применять новые материалы, исследовать их структуру и свойства</b>	
ПК-3.1: Планирует процессы получения материалов и исследования их свойств	уметь использовать пакет COMSOL MultiPhysics для физического моделирования
ПК-3.2: Анализирует перспективные материалы и их нано-, микро-, мезо- и макромасштабные свойства	владеть способностью анализировать свойства материалов с помощью физического и математического моделирования

### 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
<b>Контактная работа с преподавателем:</b>	<b>3 (108)</b>		
занятия лекционного типа	1 (36)		
лабораторные работы	2 (72)		
<b>Самостоятельная работа обучающихся:</b>	<b>3 (108)</b>		
курсовое проектирование (КП)	Нет		
курсовая работа (КР)	Нет		
<b>Промежуточная аттестация (Зачёт) (Экзамен)</b>	<b>1 (36)</b>		

### 3 Содержание дисциплины (модуля)

#### 3.1 Разделы дисциплины и виды занятий (тематический план занятий)

№ п/п		Модули, темы (разделы) дисциплины		Контактная работа, ак. час.							
				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
<b>1. Пакет COMSOL MultiPhysics</b>											
		1. Математические и физические основы математического моделирования. Основы метода конечных элементов. Переход от непрерывного решения к кусочно-непрерывному		4							
		2. Пакет COMSOL MultiPhysics. Основные навыки работы		2							
		3. Навигатор моделей и главное меню Model Wizard (Мастер создания модели) . Разнообразные геометрические примитивы Наборы геометрических заготовок для различных задач физики		2							
		4. Application Builder: среда разработки приложения Мастер создания и настройки графических форм и объектов Редактор и компилятор макросов/скриптов на основе Java с прикладными функциями COMSOL		2							

<p>5. Задание граничных условий и изменение дифференциальных уравнений  Построение сетки Узел Mesh: Возможность ручной настройки сеточной последовательности.  Работа с материалами в COMSOL Узел Material: контейнер физико-химических свойств</p>	2							
<p>6. Описание физики задачи в COMSOL Узел Physics: постановка расчётной задачи Программное представление решаемой задачи: управляющих уравнений, начальных/граничных условий, уравнений состояния</p>	2							
<p>7. Исследования и решатели в COMSOL Multiphysics Узел Study: Доступные типы исследований Stationary, Frequency Domain, Time Dependent, Eigenfrequency Модальные техники, FFT и IFFT преобразования Параметрические и кластерные расчеты, оптимизационные исследования.  Визуализация результатов Постобработка результатов в COMSOL Multiphysics Узел Results в дереве модели Графики любой размерности и любого типа, вывод числовых данных в табличном формате, экспорт данных, отчеты и т.п.</p>	4							

<p>8. Постобработка низкоразмерных объектов Свойства тонкого слоя Нарушения непрерывности Операторы Up (Верх) и Down (Низ) Оператор Side (Сторона) Механика конструкций Расчеты на прочность и устойчивость в т.ч. механические примитивы Нелинейная механика Упругопластические деформации Контакты, трение, адгезия &amp; декогезия Нелинейные модели материала, Многослойные композитные оболочки FSI, электромеханика, термические напряжения, пьезоэффект</p>	2							
<p>9. Акустика. Акустические волны в жидких и газовых средах и твердых телах Вибрационный анализ Термовязкостная акустика микросистем Продвинутый учет термических и вязких потерь, пьезоакустика, электроакустика, аэроакустика</p>	4							
<p>10. Сложный теплообмен. Теплопроводность, конвекция, излучение в т.ч. в тонких оболочках и биологических тканях Модели термического повреждения Фазовые переходы Испарение и конденсация Неизотермические потоки, термические деформации, э/м нагрев, экзо- и эндотермические реакции, термоэлектричество и т.п. Вычислительная гидродинамика Ламинарные и турбулентные течения (RANS и LES) Процессы смешивания,</p>	6							



<p>11. Электродинамика Низкочастотная электротехника  Электростатика, электрические поля и токи, магнитные поля, индукционные эффекты  Радиофизика Излучатели, волноводные и резонансные системы, периодические решетки  Волновая и геометрическая оптика Фотоника, плазмоника, интегральная оптика Масштабные оптические системы  Интеграция с MATLAB и Excel LiveLink for MATLAB-Simulink-Excel</p>	6							
12.							18	
<p>13. Создайте двухмерную осесимметричную модель трубы в теплоизоляции. Расчет нестационарный. Свойства материалов импортировать из библиотеки материалов или из справочника.  Найти время выхода на стационар, вывести графики изменения температуры на границах труба-теплоизоляция и теплоизоляция-среда в зависимости от времени.  Повторить расчет в одномерном осесимметричном режиме, сравнить результаты.  3D-печать оптимального радиатора</p>					6			
<p>14. Создайте двумерную нестационарную модель стержня с квадратным сечением со стороной А, в котором находится нагреватель мощностью В кВт, температура окружающей среды С. Данные из таблицы в задании 1. На всех границах задать конвективный теплообмен <math>h=20</math> Вт/м<sup>2</sup>К. Коэффициент черноты взять из справочника.</p>					6			

15. Анализ динамики движения фронта затвердевания (задача Стефана) Изучение фазовых переходов I рода на примере задачи плавления полубесконечной среды. Сделать анимацию движения профиля температуры с течением времени. Проанализировать изменение решения при увеличении теплопроводности					6			
16. Расчет тепловых полей при лазерной импульсной обработке (3D-модель). Исследовать динамику изменения теплового поля после воздействия одиночного импульса на поверхность образца Сравнить время, требуемое для оплавления и последующей кристаллизации поверхности, с периодом генерации импульсов					6			
17. Оптимизация нанесения функциональных покрытий методом на спекания порошковых материалов (3D-модель). Проанализировать процесс спекания слоя металлического порошка при лазерной обработке. Сделать анимацию движения профиля температуры с течением времени. Схематически зарисуйте динамику изменения изотерм с течением времени в расчетной области					6			
18. Построить модель длинной линии относительно напряжения и тока для однородной двухпроводной линии. Отражение волн напряжения и тока при коротком замыкании и холостого хода					6			
19. Построить модель «Магнитный тормоз» - вращающийся проводящий диск в постоянном магнитном поле					4			

20. Модель - Аттрактор Лоренца. Конвекция в плоском слое. Конвекция в замкнутой петле Вращение водяного колеса. Одномодовый лазер					4			
21. Естественная конвекция в стакане с водой (3D-модель)– получить структуру возникающих течений и соответствующее распределение температуры.					6			
22. Индукционный нагрев металлического цилиндра, с учетом уменьшение проводимости металла по мере увеличения температуры					6			
23. Модель сопла печати струйного принтера (3D-принтера). Геометрия выпускного устройства (сопла) или тип чернил для повышения скорости и разрешение изображений. Демонстрация моделирование потока жидкости через выпускное устройство струйного принтера (3D-принтера).					4			
24. Расчет характеристик (фазовая скорости, поляризации, затухания, поток энергии) поверхностной акустической волны в пьезоэлектрическом кристалле					2			
25. Расчет характеристик (фазовая скорости, поляризации, затухания, поток энергии) мод волны Лэмба в пьезоэлектрической пластине					2			
26. Расчет характеристик (фазовая скорости, поляризации, затухания, поток энергии) мод волны Лэмба (Лява) в многослойной пьезоэлектрической кристаллической структуре.					4			

27. Расчет характеристик (фазовая скорости, поляризации, затухания, поток энергии) объемной акустической волны в фононом кристалле.					4			
28.							36	
29.							54	
Всего	36				72		108	

## **4 Учебно-методическое обеспечение дисциплины**

### **4.1 Печатные и электронные издания:**

1. Коваленко А.В., Узденова А.М., Уртенев М.Х., Никоненко В.В. Математическое моделирование физико-химических процессов в среде Comsol Multiphysics 5.2(Москва: Лань).
2. Красников Г. Е., Нагорнов О. В., Старостин Н. В. Моделирование физических процессов с использованием пакета comsol Multiphysics: учебное пособие для вузов(Москва: НИЯУ МИФИ).
3. Вержбицкий В. М. Основы численных методов: учебник для вузов по направлению подготовки дипломированных специалистов "Прикладная математика"(Москва: Высшая школа).
4. Патанкар С., Виленский В. Д. Численные методы решения задач теплообмена и динамики жидкости: пер. с англ.(Москва: Энергоатомиздат).
5. Сегерлинд Л. Д., Шестаков А. А., Победри Б. Е. Применение метода конечных элементов: руководство(Москва: Мир).
6. Тихонов А. Н., Самарский А. А. Уравнения математической физики: учебник для физико-математических специальностей университетов (Москва: Издательство МГУ).
7. Горбунов В. А. Моделирование теплогидравлических процессов в ядерных реакторах в Comsol multiphysics: учебное пособие(Иваново: ИГЭУ).
8. Молокова Н.В., Рябов О.А., Татаренко А.А., Головчанская Е.В., Лопарев А.Ю., Сергиенко Т.В. Информационные технологии: электрон. учеб.-метод. комплекс дисциплины(Красноярск: ИПК СФУ).
9. Шниперов А. Н. Информатика: учеб.-метод. пособие по выполнению курс. работы(Красноярск: Сиб. федер. ун-т).

### **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. При изучении дисциплины используется программное обеспечение – пакет COMSOL MultiPhysics.

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

1. Доступ к библиотечному фонду (см. сайт СФУ, раздел «Библиотека», <http://bik.sfu-kras.ru/>).

## **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)**

Для осуществления образовательного процесса необходимо:

- для проведения лекционных занятий – учебные аудитории;
- для проведения лабораторных занятий - компьютерные классы.