



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И.  
Носова»



УТВЕРЖДАЮ  
Директор ИЕиС  
Ю.В. Сомова

02.02.2026 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

**ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ  
ПЕРЕНОСА В ТВЕРДЫХ ТЕЛАХ**

Направление подготовки (специальность)  
03.04.02 Физика

Направленность (профиль/специализация) программы  
Компьютерное моделирование физических процессов и структур, методы  
преподавания физики

Уровень высшего образования - магистратура

Форма обучения  
очная

Институт/ факультет	Институт естествознания и стандартизации
Кафедра	Физики
Курс	1
Семестр	1

Магнитогорск  
2026 год

Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО - магистратура по направлению подготовки 03.04.02 Физика (приказ Минобрнауки России от 07.08.2020 г. № 914)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры Физики  
27.01.2026, протокол № 3

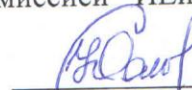
Зав. кафедрой



Д.М. Долгушин

Рабочая программа одобрена методической комиссией ИЕиС  
02.02.2026 г. протокол № 4

Председатель



Ю.В. Сомова

Рабочая программа составлена:

доцент кафедры Физики, канд. техн. наук



А.В. Колдин

Рецензент:

зав. кафедрой ПМий, доктор техн. наук



Ю.А. Извеков

## Лист актуализации рабочей программы

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2027 - 2028 учебном году на заседании кафедры Физики

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ Д.М. Долгушин

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2028 - 2029 учебном году на заседании кафедры Физики

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ Д.М. Долгушин

## 1 Цели освоения дисциплины (модуля)

Целями освоения дисциплины «Численное моделирование физических процессов переноса в твердых телах», в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта ВО по направлению подготовки 03.04.02 Физика (уровень ВО магистратура), утвержденного 07.08.2020 г. (приказ № 914), являются:

1) обеспечение базовой подготовки, включающей в себя изучение и усвоение классических основ теории твердого тела, а также знакомство с численными методами при исследовании поверхностных и объемных свойств твердых тел с различной структурой;

2) формирование, высокого уровня теоретической базы знаний, достаточной для анализа и решения современных научных и технических проблем, связанных с использованием свойств твердых тел в науке и технике.

## 2 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина Численное моделирование физических процессов переноса в твердых телах входит в обязательную часть учебного плана образовательной программы.

Для изучения дисциплины необходимы знания (умения, владения), сформированные в результате изучения дисциплин/ практик:

Для изучения дисциплины необходимы знания (умения, навыки), сформированные в результате изучения определенных дисциплин на уровне бакалавриата или специалитета, таких как Общая физика, Теоретическая физика, Вычислительная физика, Методы математической физики, Математический анализ.

Также необходимы знания (умения, владения), формирующиеся параллельно с изучением данной дисциплины в результате изучения дисциплин первого семестра магистратуры: Компьютерные технологии в науке и производстве, Теория твердого тела.

Знания (умения, владения), полученные при изучении данной дисциплины будут необходимы для изучения дисциплин/практик:

Компьютерные технологии в науке и производстве

Теория твердого тела

Производственная - преддипломная практика

Производственная - практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности

Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы

Компьютерное моделирование наноструктур и их свойств

## 3 Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля) и планируемые результаты обучения

В результате освоения дисциплины (модуля) «Численное моделирование физических процессов переноса в твердых телах» обучающийся должен обладать следующими компетенциями:

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции
УК-1	Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий
УК-1.1	Анализирует проблемную ситуацию как систему, выявляя ее составляющие и связи между ними
УК-1.2	Критически оценивает надежность источников информации, работает с противоречивой информацией из разных источников, определяет пробелы в информации, необходимой для решения

	проблемной ситуации, и проектирует процессы по их устранению
УК-1.3	Разрабатывает и содержательно аргументирует стратегию решения проблемной ситуации на основе системного и междисциплинарного подходов; строит сценарии реализации стратегии, определяя возможные риски и предлагая пути их устранения
ОПК-1 Способен применять фундаментальные знания в области физики для решения научно-исследовательских задач, а также владеть основами педагогики, необходимыми для осуществления преподавательской деятельности;	
ОПК-1.1	Использует знания физических законов и принципов, математический аппарат для описания, анализа, теоретического и экспериментального исследования и моделирования физических и систем, явлений и процессов, решения научно-исследовательских задач и профессиональных задач
ОПК-1.2	Знает и использует законы и принципы, методы педагогики и применяет фундаментальные физические, математические и междисциплинарные знания для осуществления преподавательской деятельности по учебным дисциплинам «Физика», «Астрономия»
ОПК-3 Способен применять знания в области информационных технологий, использовать современные компьютерные сети, программные продукты и ресурсы информационно-телекоммуникационной сети "Интернет" (далее - сеть "Интернет") для решения задач профессиональной деятельности, в том числе находящихся за пределами профильной подготовки	
ОПК-3.1	Определяет и применяет необходимый перечень программных продуктов, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет" и программного обеспечения, выполняет требования информационной безопасности и применяет в своей деятельности знания о современных информационных технологиях и программных средствах для создания программ и решении задач профессиональной деятельности в области физических исследований

#### 4. Структура, объём и содержание дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единиц 144 академических часов, в том числе:

- контактная работа – 36,1 академических часов;
- аудиторная – 36 академических часов;
- внеаудиторная – 0,1 академических часов;
- самостоятельная работа – 107,9 академических часов;
- в форме практической подготовки – 0 академических часов;

Форма аттестации - зачет с оценкой

Раздел/ тема дисциплины	Семестр	Аудиторная контактная работа (в академических часах)			Самостоятельная работа студента	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код компетенции
		Лек.	лаб. зан.	практ. зан.				
1. Дискретные модели твердого тела								
1.1 Одномерная модель упруго взаимодействующих материальных точек одинаковой массы	1		6		17,9	Самостоятельное изучение литературы по теме, решение индивидуальных домашних заданий, освоение программных продуктов, составление отчетов по лабораторным работам	Проверка индивидуальных домашних заданий, опрос, проверка отчетов по лабораторным работам	УК-1.1, УК-1.2, УК-1.3, ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-3.1
1.2 Модель упруго взаимодействующих материальных точек нескольких сортов			6		22	Самостоятельное изучение литературы по теме, решение индивидуальных домашних заданий, освоение программных продуктов, составление отчетов по лабораторным работам	Проверка индивидуальных домашних заданий, опрос, проверка отчетов по лабораторным работам	УК-1.1, УК-1.2, УК-1.3, ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-3.1
1.3 Одномерная модель взаимодействующих материальных точек одинаковой массы с учетом ангармоничности взаимодействия			8		24	Самостоятельное изучение литературы по теме, решение индивидуальных домашних	Проверка индивидуальных домашних заданий, опрос, проверка отчетов по лабораторным	УК-1.1, УК-1.2, УК-1.3, ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-3.1

						заданий, освоение программных продуктов, составление отчетов по лабораторным работам	работам	
Итого по разделу			20		63,9			
2. Непрерывные модели твёрдого тела								
2.1 Описание распространения возмущений в твёрдом теле при помощи уравнения колебания струны	1		8		22	Самостоятельное изучение литературы по теме, решение индивидуальных домашних заданий, освоение программных продуктов, составление отчетов по лабораторным работам	Проверка индивидуальных домашних заданий, опрос, проверка отчетов по лабораторным работам	УК-1.1, УК- 1.2, УК-1.3, ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-3.1
2.2 Двумерная центральносимметричная модель распространения упругих колебаний			8		22	Самостоятельное изучение литературы по теме, решение индивидуальных домашних заданий, освоение программных продуктов, составление отчетов по лабораторным работам	Проверка индивидуальных домашних заданий, опрос, проверка отчетов по лабораторным работам	УК-1.1, УК- 1.2, УК-1.3, ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-3.1
Итого по разделу			16		44			
Итого за семестр			36		107,9		зао	
Итого по дисциплине			36		107,9		зачет с оценкой	

## **5 Образовательные технологии**

Результат освоения дисциплины «Численное моделирование физических процессов переноса в твёрдых телах» – формирование у студентов компетенций представляющих собой динамичную совокупность знаний, умений, владений, способностей и личностных качеств, которую студент может продемонстрировать после завершения данной части образовательной программы. Для формирования этих компетенций и реализации предусмотренных видов учебной работы, в учебном процессе в качестве образовательных технологий используются традиционная и модульно-компетентностная технологии.

Учебные занятия проводятся в виде

### **1) Лабораторных работ**

Решение физических задач при помощи численного моделирования являются неотъемлемой и важной частью изучения современного курса физики. На них, на примерах конкретных задач углубляются теоретические основы курса, показывается их практическое применение, вырабатываются основные владения для дальнейшей самостоятельной работы.

### **2) контрольных работ.**

Контрольные работы используются с целью оценки степени усвоения крупных разделов или составных частей изучаемой дисциплины. Основными формами контроля являются письменная домашняя контрольная работа, компьютерное тестирование.

На лабораторных занятиях применяются как активные, так и интерактивные методы обучения, которые в отличие от активных методов, ориентированы на более широкое взаимодействие студентов не только с преподавателем, но и друг с другом и на доминирование активности студентов в процессе обучения

## **6 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся**

Представлено в приложении 1.

## **7 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации**

Представлены в приложении 2.

## **8 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

### **а) Основная литература:**

1. Абакумов М. В. Лекции по численным методам математической физики: Учебное пособие / М. В. Абакумов, А.В. Гулин; МГУ им. М.В. Ломоносова - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2013. - 158 с. - ISBN 978-5-16-006108-5 Режим доступа: <http://znanium.com/bookread.php?book=364601>

2. Стрекалов Ю. А. Физика твердого тела: Учебное пособие / Ю. А. Стрекалов, Н.А. Тенякова. - М.: ИЦ РИОР: НИЦ Инфра-М, 2013. - 307 с.: 60x90 1/16. (переплет) ISBN 978-5-369-00967-3 Режим доступа: <http://znanium.com/bookread.php?book=363421>

### **б) Дополнительная литература:**

1. Капитонов, А. М. Физико-механические свойства композиционных материалов. Упругие свойства [Электронный ресурс] : монография / А. М. Капитонов, В. Е. Редькин. - Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2013. - 532 с. - ISBN 978-5-7638-2750-7. . Режим доступа: <http://znanium.com/bookread.php?book=492077>

### **в) Методические указания:**

Лабораторный практикум по курсу «Моделирование физических процессов в

ядерных реакторах» / Наймушин А.Г., Чертков Ю.Б., Аникин М.Н. - Томск:Изд-во Томского политех. университета, 2015. - 111 с. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/701502>

**г) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:**

**Программное обеспечение**

Наименование ПО	№ договора	Срок действия лицензии
MS Office 2007 Professional	№ 135 от 17.09.2007	бессрочно
MathCAD v.15 Education University Edition	Д-1662-13 от 22.11.2013	бессрочно
Borland Turbo Delphi	№112301 от 23.11.2005	бессрочно
ABC Pascal	свободно распространяемое ПО	бессрочно

**Профессиональные базы данных и информационные справочные системы**

Название курса	Ссылка
Электронные ресурсы библиотеки МГТУ им. Г.И. Носова	<a href="https://host.megaprolib.net/MP0109/Web">https://host.megaprolib.net/MP0109/Web</a>

**9 Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)**

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

Аудитории для лабораторной и самостоятельной работы обучающихся.

Оснащение: персональные компьютеры с выходом в интернет и доступом в электронную образовательную среду университета.

## Приложение 1

### Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

#### *Примерные темы лабораторных работ (ЛАБ):*

##### *ЛАБ №1 «МЕТОДЫ ЧИСЛЕННОГО ИНТЕГРИРОВАНИЯ И ДИФФЕРЕНЦИРОВАНИЯ».*

Задача. Для известной функции  $y = y(x)$ , определите первую и вторую производные в точке с координатой  $x$ , а также интеграл в интервале от  $a$  до  $b$

##### *ЛАБ №2 «МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМ С ОДНОЙ СТЕПЕНЬЮ СВОБОДЫ».*

Задача. Имеется физическая система с одной степенью свободы, состоящая из инерционного элемента массой  $m$ , упругого элемента жесткостью  $k$  и диссипативного элемента с коэффициентом сопротивления  $r$ . Определить отклик системы  $x(t)$ , а также ее первую и вторую производные  $v(t)$ ,  $a(t)$ , на внешнее воздействие  $F_x = F_x(t)$ , если известны начальные условия  $x(0)$ ,  $v(0)$ .

##### *ЛАБ №3 «МОДЕЛЬ ДВУМЕРНОГО ДВИЖЕНИЯ МАТЕРИАЛЬНОЙ ТОЧКИ».*

Задача. Материальная точка массой  $m$  движется в силовом поле  $F_x = F_x(x, y)$ ,  $F_y = F_y(x, y)$ , при этом на нее действует сила вязкого трения с проекциями  $F_{Tx} = -r v_x$ ,  $F_{Ty} = -r v_y$ , направленная противоположно скорости. Необходимо, зная начальные условия  $x_0$ ,  $y_0$ ,  $v_{0x}$ ,  $v_{0y}$ , построить траекторию движения точки.

##### *ЛАБ №4 «МОДЕЛЬ ДВИЖЕНИЯ СИСТЕМЫ МАТЕРИАЛЬНЫХ ТОЧЕК».*

Задача. Имеется система  $N$  материальных точек с массами  $m_i$ ,  $i = 1, 2, \dots, N$ , взаимодействующих друг с другом с внутренними силами, на каждую из которых действует внешняя сила. Исходя из начальных координат  $x_i$ ,  $y_i$  и скоростей  $v_{xi}$ ,  $v_{yi}$ , определите координаты и скорости материальных точек в последующие моменты времени.

##### *ЛАБ №5 «МОДЕЛИРОВАНИЕ КОЛЕБАНИЙ СВЯЗАННЫХ ОСЦИЛЛЯТОРОВ».*

Задача: Имеется система из  $N$  осцилляторов с массами  $m_i$  и жесткостью пружин  $k_i$ , связанные между собой упругими связями с жесткостью  $q_i$ . На каждый осциллятор действует сила вязкого трения  $-r \eta_i$ . Заданы начальные смещения  $\xi_i(0)$  и скорости  $\eta_i(0)$  всех осцилляторов. На отдельные осцилляторы действует вынуждающая сила  $F_{i\xi} = F_{i\xi}(t)$  некоторые осцилляторы колеблются по закону  $\xi_i = \xi_i(t)$ . Известно, что крайние осцилляторы закреплены (свободны). Необходимо построить компьютерную модель колебаний связанных осцилляторов.

##### *ЛАБ №6 «МОДЕЛИРОВАНИЕ АВТОВОЛНОВЫХ ПРОЦЕССОВ».*

Задача: Имеется двумерная активная среда, состоящая из элементов, каждый из которых может находиться в трех различных состояниях: покое, возбуждении и рефрактерности. При отсутствии внешнего воздействия, элемент находится в состоянии покоя. В результате воздействия элемент переходит в возбужденное состояние, приобретая способность возбуждать соседние элементы. Через некоторое время после возбуждения элемент переключается в состояние рефрактерности, находясь в котором он не может быть возбужден. Затем элемент сам возвращается в исходное состояние покоя, то есть снова

приобретает способность переходить в возбужденное состояние. Необходимо промоделировать процессы, происходящие в двумерной активной среде при различных параметрах среды и начальном распределении возбужденных элементов.

#### *ЛАБ №7 «МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ВОЛНЫ».*

Задача. Имеется непрерывная одномерная упругая среда. Заданы колебания отдельных элементов среды и скорость распространения возмущения. Необходимо рассчитать смещения элементов среды в последующие моменты времени.

#### *ЛАБ №8 «МОДЕЛЬ ЯВЛЕНИЙ ПЕРЕНОСА (ТЕПЛОПРОВОДНОСТЬ, ДИФФУЗИЯ, ВЯЗКОСТЬ)».*

Задача: Имеется прямоугольная пластина, коэффициент теплопроводности которого зависит от координаты  $a=a(x,y)$ . Задано начальное распределение температуры  $T=T(x,y)$ , а также мощность  $q_n$  и координаты  $(x_n, y_n)$  источников тепла. Необходимо изучить изменение температуры различных точек пластины с течением времени.

#### **Список вопросов для самопроверки:**

1. Что такое дисперсионное соотношение?
2. В чем различие акустической и оптической ветвей колебаний?
3. От чего зависит количество акустических (оптических) ветвей?
4. Как зависит скорость распространения колебаний в одномерной цепочке от массы материальных точек?
5. Как зависит скорость распространения колебаний в одномерной цепочке от жесткости связи?
6. Что такое фазовая и групповая скорости?
7. Как влияет учет ангармоничности взаимодействия на результат численного эксперимента?
8. В чём преимущество использования непрерывных моделей?
9. Проведите аналогии между величинами, описывающими непрерывную модель и дискретную модель твердого тела.
10. Каковы условия перехода от непрерывной модели к дискретной?
11. Запишите аналитическое решение уравнения колебания струны.
12. Запишите аналитическое решение уравнения колебания мембраны.
13. Явные и неявные разностные схемы.

#### **Перечень вопросов к зачету:**

1. Численные методы. Интерполяция и аппроксимация функциональных зависимостей.
2. Численное дифференцирование и интегрирование.
3. Численные методы поиска экстремума.
4. Вычислительные методы линейной алгебры.
5. Численные методы решения систем дифференциальных уравнений.
6. Сплайн-аппроксимация, интерполяция, метод конечных элементов.
7. Вычислительный эксперимент. Принципы проведения вычислительного эксперимента.
8. Техника символьных вычислений
9. Модель, алгоритм, программа.
10. Алгоритмические языки. Представление о языках программирования высокого уровня.
11. Пакеты прикладных программ.
12. Основные принципы математического моделирования.

15. Элементарные математические модели в механике, гидродинамике, электродинамике.
16. Универсальность математических моделей.
17. Методы построения математических моделей на основе фундаментальных законов природы.
18. Вариационные принципы построения математических моделей.
19. Методы исследования математических моделей. Устойчивость. Проверка адекватности математических моделей.
20. Математические модели в научных исследованиях. Математические модели в статистической механике, экономике, биологии.
21. Методы математического моделирования измерительно-вычислительных систем.
22. прибора. Проверка адекватности модели измерения и адекватности результатов редукции.
23. Модели динамических систем. Особые точки. Бифуркации. Динамический хаос.

### ***Методические рекомендации для самостоятельной работы студентов***

#### **Подготовка к зачету**

Перед началом подготовки к зачету необходимо просмотреть весь материал и отложить тот, что хорошо знаком, а начинать учить незнакомый, новый

Начинай готовиться к зачету заранее, понемногу, по частям, сохраняя спокойствие. Составь план на каждый день подготовки, необходимо четко определить, что именно сегодня будет изучаться. А также необходимо определить время занятий с учетом ритмов организма.

К трудно запоминаемому материалу необходимо возвращаться несколько раз, просматривать его в течение нескольких минут вечером, а затем еще раз - утром.

Очень полезно составлять планы конкретных тем и держать их в уме, а не зазубривать всю тему полностью «от» и «до». Можно также практиковать написание вопросов в виде краткого, тезисного изложения материала.

Заучиваемый материал лучше разбить на смысловые куски, стараясь, чтобы их количество не превышало семи. Смысловые куски материала необходимо укрупнять и обобщать, выражая главную мысль одной фразой. Текст можно сильно сократить, представив его в виде схемы

Пересказ текста своими словами приводит к лучшему его запоминанию, чем многократное чтение, поскольку это активная, организованная целью умственная работа

**Методические указания по выполнению домашнего задания** рекомендуется следовать следующему общему алгоритму:

1. Проработать конспект лекции на предмет выявления непонятных моментов те-мы.
2. В случае наличия непонятных моментов сформулировать вопросы.
3. Найти и изучить дополнительный материал по теме, используя рекомендованную литературу и электронные ресурсы учебных пособий в сети Интернет.
4. Ответить на возникшие в ходе изучения темы вопросы.
5. Выписать трактовки основных понятий, законов, принципов и т.п. по теме лекции.
6. Из перечня вопросов к зачету выбрать те, которые отражают содержание лекции.
7. Найти ответы на эти вопросы в тексте лекций и дополнительном материале.
8. Оформить материал в письменном виде

#### **Подготовка к выполнению лабораторной работы**

Лабораторные работы являются одним из видов практического обучения. Их цель – закрепление теоретических знаний, проверка на опыте некоторых положений теории и

законов, приобретение практических навыков, проведении эксперимента, использовании простейших приборов и аппаратов.

Задание на работу выдается за несколько дней до ее выполнения. Для качественного выполнения лабораторных работ студентам необходимо:

1) повторить теоретический материал по конспекту и учебнику (согласно списку литературы)

2) ознакомиться с описанием лабораторной работы:

3) в специальной рабочей тетради записать название и номер работы, вычертить таблицы для записи показаний приборов и результатов расчета, подготовить миллиметровую бумагу, если требуются графические построения и т.д.

3) выяснив цель работы, четко представить себе поставленную задачу и способы ее достижения, продумать ожидаемые результаты опытов

4) сделать предварительный домашний расчет, если требуется в задании

5) ответить устно и письменно на контрольные вопросы.

6) Соблюдать основные правила безопасности при работе в лаборатории.

#### ПРАВИЛА ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

1. За каждой лабораторной установкой работает не более 2х студентов. Группа разбивается на подгруппы из 2х человек обычно по желанию студентов. Подгруппы фиксируются в журнале преподавателем.

2. При опоздании студента на ЛР:

- менее 15 мин: студент допускается в лабораторию;

- более 15 мин: студент допускается в лабораторию с соответствующей отметкой в журнале группы. К следующей ЛР студент допускается при наличии допуска из деканата с указанием причины получения допуска;

3. Во время ЛР в лаборатории могут находиться только сотрудники кафедры и студенты из соответствующей группы по расписанию. Обязательно присутствие хотя бы одного преподавателя или сотрудника кафедры.

4. Студент допускается преподавателем к выполнению лабораторной работы только после:

- проведения инструктажа по технике безопасности и подписи получившего и проводившего инструктаж в журнале группы;

- при наличии оформленного журнала (смотри «Требования к оформлению журнала для ЛР»). При отсутствии или не полностью заполненном журнале ЛР:

- проставляется соответствующая отметка в журнале группы;

- студент готовит журнал в лаборатории;

- при наличии времени студент допускается к выполнению ЛР (время начала выполнения ЛР в этом случае проставляется в журнале).

Готовый журнал подписывается преподавателем, также делается соответствующая отметка в журнале группы.

5. Студенты выполняют опыты в соответствии с инструкцией по технике безопасности.

6. В ходе выполнения ЛР преподаватель отвечает на все вопросы студентов по теме ЛР.

7. В ходе ЛР в журнал заносятся:

- исходные параметры (характеристики опытной установки, атмосферные данные, точность измерительного оборудования и т.п.);

- измеряемые параметры;
- условия опытов;
- результаты вычислений (в том числе промежуточные и черновые).

8. После снятия замеров, проведения необходимых расчетов и построения графиков, студент должен представить полученные результаты преподавателю на подпись. Также делается соответствующая отметка в журнале группы.

### **Подготовка к сдаче лабораторной работы**

Для защиты лабораторной работы необходимо заполнить отчет о ЛР

2. Защита выполненной лабораторной работы проводится:

- для 4часовых ЛР: в часы данной ЛР в соответствии с расписанием;
- для 2часовых ЛР: в этот или другие дни в часы в соответствии с расписанием.

3. Защита выполненной лабораторной работы проводится тому же преподавателю, с кем проходило её выполнение. Допускается сдача ЛР лектору кафедры

4. Требования при защите ЛР:

4.1. Преподаватель оценивает ЛР в соответствии с программой курса и проставляет оценку в журнале ЛР и в журнале группы.

4.2. Преподаватель вправе отказать в приеме ЛР по личным причинам.

4.3. Преподаватель обязан принять ЛР при:

- наличии журнала ЛР, оформленного в соответствии с «Требования к оформлению журнала для ЛР»;
- личном выполнении студентом ЛР;
- совпадении результатов опытов с контрольными замерами с точностью до 20 % или до отдельно указанной в конкретной ЛР точности.
- письменном верном ответе на контрольные (тестовые) вопросы из утвержденного кафедрой списка, написанном в присутствии преподавателя.

## Приложение 2

### «Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации»

По данной дисциплине предусмотрены различные виды контроля результатов обучения: текущий контроль (проверка выполнения лабораторных заданий), итоговый контроль в виде зачета.

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
<b>УК-1: Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, выработать стратегию действий</b>		
УК-1.1	Анализирует проблемную ситуацию как систему, выявляя ее составляющие и связи между ними	<p style="text-align: center;"><i>Перечень вопросов для подготовки к зачету:</i></p> <p>24. Численные методы. Интерполяция и аппроксимация функциональных зависимостей.</p> <p>25. стей.</p> <p>26. Численное дифференцирование и интегрирование.</p> <p>27. Численные методы поиска экстремума.</p> <p>28. Вычислительные методы линейной алгебры.</p> <p>29. Численные методы решения систем дифференциальных уравнений.</p> <p>Задания для самостоятельного решения.</p> <p>1. На основе компьютерной модели изучите движение двух или трех частиц, между которыми действуют силы притяжения.</p> <p>2. Изучите движение двух материальных точек, между которыми действуют силы отталкивания. Промоделируйте центральный и нецентральный удар.</p> <p>3. Промоделируйте разрыв снаряда на несколько осколков различной массы в однородном поле тяжести. При взрыве возникает сила отталкивания, быстро уменьшающаяся по мере удаления осколков.</p> <p>4. Изучите движение материальной точки в гравитационном поле двух массивных тел. Проведите вычислительные эксперименты при различных начальных координатах и скоростях точки.</p> <p>5. Промоделируйте движение нескольких планет и комет Солнечной системы, учитывая, что масса Солнца во много раз больше массы любой планеты.</p> <p>6. Промоделируйте движение молекул газа в прямоугольном замкнутом сосуде. Учтите, что при соударении молекулы с горизонтальной (вертикальной) стенкой сосуда вертикальная (горизонтальная) проекция ее скорости меняет свой знак на противоположный.</p> <p>7. Промоделируйте диффузию двух газов. Пусть вначале молекулы с массами <math>m</math> заполняют левую половину сосуда, а молекулы с массами <math>M</math> -- правую. Задайте случайные</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>значения скоростей молекул. Как изменяется концентрация молекул газов в сосуде с течением времени?</p> <p>8. Промоделируйте движение молекул газа в однородном поле тяжести. Подтвердите, что по мере увеличения высоты концентрация молекул газа уменьшается по экспоненциальному закону.</p> <p>9. Промоделируйте движение молекул газа в гравитационном поле шара большой массы</p> <p>Задания для самостоятельного решения.</p> <p>1. Получите модель одиночной волны возбуждения. Для этого достаточно один из элементов активной среды перевести в возбужденное состояние.</p> <p>2. Промоделируйте серию автоволн. Для этого необходимо, чтобы один из элементов совершал периодические колебания, то есть автоматически через заданное число шагов переходил в возбужденное состояние 1. Такой элемент называется осциллятором. Для получения серии автоволн следует активизировать строку с пометкой "Осциллятор 1".</p> <p>3. Промоделируйте дифракцию автоволн. Для этого необходимо создать волну, на пути которой расположено препятствие, например, непрозрачный экран, состоящий из невозбуждающихся элементов, расположенных вдоль прямой и всегда находящихся в состоянии 0.</p> <p>4. Изучите распространение автоволн в двумерной среде, содержащей два параллельно расположенных экрана или экран с отверстием. Пронаблюдайте аннигиляцию автоволн, распространяющихся навстречу друг другу.</p> <p>5. Промоделируйте эффект синхронизации, состоящий в том, что при наличии двух или более источников автоволн происходит их взаимодействие, в результате которого высокочастотные источники подавляют низкочастотные. В конце концов наступает синхронизация колебаний элементов среды: колебания происходят с частотой, равной частоте высокочастотного источника. Чтобы пронаблюдать это явление на экране компьютера, следует смоделировать два осциллятора, работающих на разных частотах. Для этого необходимо активизировать операторы с пометками "Осциллятор 1" и "Осциллятор 2".</p> <p>6. Промоделируйте образование однорукавных спиральных волн. Спиральные волны образуются на краях фронта волны, поэтому для моделирования этого процесса необходимо в блоке начальных условий задать плоскую волну, фронт которой обрывается в середине экрана.</p> <p>7. Промоделируйте образование двухрукавных спиральных волн.</p> <p>8. Изучите зависимость частоты вращения однорукавной спиральной волны от параметров среды (<math>r, s, h</math>). Повторите этот вычислительный эксперимент для двухрукавной волны.</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>9. Промоделируйте взаимодействие спиральных автоволн с автоволнами, вырабатываемыми осциллятором, колеблющимся с низкой частотой.</p> <p>10. Исследуйте распространение и аннигиляцию одиночного импульса в одномерной активной среде.</p> <p>11. Изучите распространение автоволн в одномерной активной среде при наличии осциллятора.</p> <p>12. Промоделируйте распространение одиночного импульса в одномерной активной среде, последний элемент которой контактирует с первым.</p> <p>13. Создайте компьютерную модель распространения автоволн в трехмерной активной среде.</p>
УК-1.2	<p>Критически оценивает надежность источников информации, работает с противоречивой информацией из разных источников, определяет пробелы в информации, необходимой для решения проблемной ситуации, и проектирует процессы по их устранению</p>	<p><b>Перечень вопросов для подготовки к зачету:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Методы исследования математических моделей. Устойчивость. Проверка адекватности математических моделей.</li> <li>2. Математические модели в научных исследованиях. Математические модели в статистической механике, экономике, биологии.</li> <li>3. Методы математического моделирования измерительно-вычислительных систем.</li> <li>4. прибора. Проверка адекватности модели измерения и адекватности результатов редукции.</li> <li>5. Модели динамических систем. Особые точки. Бифуркации. Динамический хаос.</li> </ol> <p>Задания для самостоятельного решения.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Точка движется прямолинейно со скоростью <math>v(t) = 3 + 2t + 1t^2</math>. Численными методами и аналитически определите ускорение точки в момент времени 1 с и пройденный путь за время от 1 до 3 с. Повторите расчеты при различных значениях шага и сравните результаты.</li> <li>2. Имеется пластинка толщиной <math>h</math> ограниченная кривой <math>y = x^2</math> и прямой <math>y = 1</math>. Ее плотность есть функция координаты <math>y</math>: <math>\rho(y) = \rho_0 (1 + \alpha y)</math>, где <math>\alpha</math> -- произвольный коэффициент пропорциональности. Определите ее площадь и массу методом Монте - Карло.</li> <li>3. Определите координаты центра масс пластины толщины <math>h</math>, ограниченной прямыми <math>x = 0</math>, <math>y = 0</math>, <math>y = 4 - x^2</math>, плотность которой равна <math>\rho</math>.</li> <li>4. Пластина толщиной <math>h</math> имеет форму круга радиуса <math>R</math>. Ее плотность с ростом расстояния <math>r</math> до центра убывает по закону <math>\rho(r) = \rho_0 (1,5 - r/R)</math>. Методом численного интегрирования определите момент инерции пластины относительно оси проходящей через ее центр и лежащей в ее плоскости.</li> <li>5. Постройте кривую зависимости излучательной способности абсолютно черного тела от частоты при постоянной температуре <math>T</math>, выражаемую формулой</li> </ol>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>Планка: <math>f_{\omega}(\omega, T) = A\omega^3 / (e^{B\omega/T} - 1)</math>, где <math>A</math> и <math>B</math> - постоянные коэффициенты. Постройте график при различных <math>T</math>. Методом численного интегрирования найдите интегральную светимость абсолютно черного тела, взяв интеграл от <math>f_{\omega}(\omega, T)</math>.</p>
УК-1.3	<p>Разрабатывает и содержательно аргументирует стратегию решения проблемной ситуации на основе системного и междисциплинарного подходов; строит сценарии реализации стратегии, определяя возможные риски и предлагая пути их устранения</p>	<p>Задания для самостоятельного решения.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. На точку массы <math>m</math> действует скачкообразно изменяющаяся сила. Исследуйте движение точки, проанализируйте получившиеся графики зависимостей <math>x = x(t)</math>, <math>v_x = v_x(t)</math>, <math>a_x = a_x(t)</math>.</li> <li>2. Промоделируйте движение материальной точки, движущейся в вязкой среде под действием постоянной силы, направленной вдоль оси <math>x</math>: <math>F_x = \text{const} &gt; 0</math> при начальных условиях <math>x_0 = 0</math>, <math>v_{x0} &lt; 0</math>. Проанализируйте получающиеся графики <math>x(t)</math>, <math>v_x(t)</math>, <math>a_x(t)</math>. Докажите, что время подъема камня, брошенного вертикально вверх, меньше времени спуска.</li> <li>3. Создайте модель переходного процесса в цепи, содержащей резистор <math>R</math> и катушку индуктивности <math>L</math>, подключенные к источнику постоянного напряжения, при условии, что <math>i_0</math> не равно 0. Исследуйте аналогичный переходный процесс в цепи, содержащей последовательно соединенные резистор и конденсатор.</li> <li>4. Изучите движение колебательной системы в случае слабого затухания, когда <math>r/2m &lt; \omega_0 = (k/m)^{1/2}</math>. Убедитесь в том, что ускорение изменяется в противофазе с координатой, а скорость опережает координату на <math>\pi/2</math>, причем амплитуды колебаний <math>x(t)</math>, <math>v(t)</math>, <math>a(t)</math> уменьшаются по экспоненте. Проведите серию вычислительных экспериментов при различных начальных условиях системы.</li> <li>5. Промоделируйте движение осциллятора в случае сильного затухания при <math>r/2m &gt; \omega_0 = (k/m)^{1/2}</math>. Убедитесь, что в этом случае движение будет аperiодическим.</li> <li>6. Исследуйте затухающие колебания тела, связанного с горизонтально расположенными пружинами и скользящего по поверхности стола, считая, что максимальная сила трения покоя равна силе трения скольжения <math>\mu mg</math>.</li> <li>7. Промоделируйте работу сглаживающего <math>RL</math> - фильтра при подаче на него пульсирующего напряжения, получающегося в результате однополупериодного выпрямления. Убедитесь в том, что с ростом индуктивности уменьшается коэффициент пульсаций тока и напряжения на резисторе. Изучите зависимость амплитуды пульсаций от индуктивности <math>L</math>, сопротивления нагрузки <math>R</math> и частоты импульсов <math>\omega</math>.</li> <li>8. Изучите работу интегрирующей цепи, состоящей из последовательно соединенных резистора и конденсатора, с которого снимается выходное напряжение. Видно, что</li> </ol>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>при подаче на цепь прямоугольных импульсов заряд конденсатора, а значит и напряжение на нем, возрастает пропорционально интегралу от входного напряжения. Так как в программе осуществляется деление на <math>m</math> (аналог индуктивности <math>L</math>), то значение этого параметра должно быть очень малым, но не равным нулю.</p> <p>9. Промоделируйте движение тела в вязкой среде (<math>m, r</math> не равны 0, <math>k = 0</math>), на которое в момент времени <math>t_0 = 0</math> начинает действовать внешняя гармоническая сила <math>F_x = F_m \sin(\omega t)</math>. Эта ситуация соответствует переходному процессу, происходящему при подключении активно - индуктивной нагрузки к источнику переменного напряжения. При <math>t</math> стремящемся к бесконечности переходный ток стремится к принужденному току, изменяющемуся с той же частотой, что и приложенная ЭДС и отстающему от нее на некоторую фазу.</p> <p>10. Создайте программу, моделирующую процессы, происходящие в колебательной системе в случае, если на нее действует периодически изменяющаяся сила, частота которой пропорциональна времени: <math>F_x(t) = F_m \sin(\omega(1 + \alpha t))</math>, где <math>\alpha &gt; 0</math>. Значения <math>\omega</math> и <math>\alpha</math> подберите так, чтобы резонансная частота колебательной системы находилась в середине рабочего диапазона частот. На рисунке показан получающийся график зависимости <math>x = x(t)</math>. Так как частота колебаний прямопропорциональна времени, то огибающая графика является амплитудо - частотной характеристикой колебательной системы, и называется резонансной кривой.</p>
<p><b>ОПК-1: Способен применять фундаментальные знания в области физики для решения научно-исследовательских задач, а также владеть основами педагогики, необходимыми для осуществления преподавательской деятельности</b></p>		
ОПК-1.1	Использует знания физических законов и принципов, математический аппарат для описания, анализа, теоретического и экспериментального исследования и моделирования физических систем, явлений и процессов, решения	<p><b>Перечень вопросов для подготовки к зачету:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Сплайн-аппроксимация, интерполяция, метод конечных элементов.</li> <li>2. Вычислительный эксперимент. Принципы проведения вычислительного эксперимента.</li> <li>3. Техника символьных вычислений</li> <li>4. Модель, алгоритм, программа.</li> <li>5. Алгоритмические языки. Представление о языках программирования высокого уровня</li> <li>6. Пакеты прикладных программ</li> </ol> <p>Задания для самостоятельного решения.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Промоделируйте колебания двух связанных осцилляторов. Рассмотрите случаи: 1) на один из них действует вынуждающая сила; 2) один из осцилляторов имеет начальное смещение; 3) один из осцилляторов</li> </ol>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
	научно-исследовательских задач и профессиональных задач	<p>имеет начальную скорость. Выполните компьютерные эксперименты при различных <math>k_i</math> и <math>q_i</math>.</p> <p>2. Изучите колебания трех связанных осцилляторов, рассмотрев все перечисленные выше случаи, выполнив компьютерные эксперименты при различных <math>k_i</math> и <math>q_i</math>.</p> <p>3. Промоделируйте колебания 50 осцилляторов, связанных упругими связями, в случае, когда на левый крайний осциллятор подействовала кратковременная сила. Рассмотрите случаи, когда правый крайний осциллятор закреплен и незакреплен.</p> <p>6. Промоделируйте распространение импульса вдоль цепочки осцилляторов, связанных упругими связями, в случае, когда их масса или жесткость пружин, начиная с некоторого осциллятора, изменяется скачком. Изучите изменение фазы импульса при его отражении от "более плотной" и "менее плотной" среды.</p> <p>7. Изучите распространение импульса и его отражение от открытого или закрытого конца струны (одномерной упругой среды), которая моделируется 50 связанными осцилляторами</p>
ОПК-1.2	<p>Знает и использует законы, принципы, методы педагогики и применяет фундаментальные физические, математические и междисциплинарные знания для осуществления преподавательской деятельности по учебным дисциплинам «Физика», «Астрономия»</p>	<p>Задания для самостоятельного решения.</p> <p>1. Материальная точка массы <math>m</math> брошена под углом к горизонту в однородном поле тяжести. Изучите траекторию ее движения при отсутствии силы вязкого трения и при ее наличии.</p> <p>2. Убедитесь в том, что время подъема материальной точки, движущейся под действием силы тяжести в вязкой среде, меньше времени спуска. Воспользуйтесь тем, что в наивысшей точке подъема проекция скорости на ось <math>y</math> меняет свой знак на противоположный.</p> <p>3. Промоделируйте движение точки в поле центральных сил упругости <math>F_x = -kx</math>, <math>F_y = -ky</math>, в случае, когда на точку действует сила вязкого трения и когда она равна нулю. По какой траектории движется точка?</p> <p>4. Исследуйте движение точки в поле сил притяжения, действующих по закону обратных квадратов <math>F = GmM / r^2</math>. Промоделируйте ситуации, в которых точка движется по гиперболе, параболе, эллипсу. Изучите характер движения искусственного спутника Земли, входящего в верхние слои атмосферы, на который действует сила вязкого трения.</p> <p>5. Изучите движение точки в поле сил отталкивания. Промоделируйте опыт Резерфорда по отклонению альфа - частиц ядрами атомов золота. Меняя прицельный параметр, проведите серию компьютерных экспериментов.</p> <p>6. Промоделируйте движение заряженной частицы в камере Вильсона, помещенной в однородное магнитное поле. Учтите, что по мере своего движения частица теряет кинетическую энергию. Магнитное поле направлено</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>перпендикулярно плоскости экрана.</p> <p>7. Исследуйте движение заряженной частицы в скрещенных электрическом и магнитном полях, направленных параллельно и перпендикулярно плоскости экрана соответственно.</p> <p>8. Изучите движение материальной точки в гравитационном поле двух массивных тел. Проведите компьютерные эксперименты при заданных начальных координатах и скорости точки.</p> <p>9. Задайте произвольное силовое поле <math>F_x = F_x(x,y)</math>, <math>F_y = F_y(x,y)</math> и промоделируйте движение частицы в нем.</p>
<p><b>ОПК-3: Способен применять знания в области информационных технологий, использовать современные компьютерные сети, программные продукты и ресурсы информационно-телекоммуникационной сети "Интернет" (далее - сеть "Интернет") для решения задач профессиональной деятельности, в том числе находящихся за пределами профильной подготовки</b></p>		
ОПК-3.1	<p>Определяет и применяет необходимый перечень программных продуктов, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет" и программного обеспечения, выполняет требования информационной безопасности и применяет в своей деятельности знания о современных информационных технологиях и программных средствах для создания программ и решении задач профессиональной деятельности в области</p>	<p><i>Перечень вопросов для подготовки к зачету:</i></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Основные принципы математического моделирования.</li> <li>2. Элементарные математические модели в механике, гидродинамике, электродинамике.</li> <li>3. Универсальность математических моделей.</li> <li>4. Методы построения математических моделей на основе фундаментальных законов природы.</li> <li>5. Вариационные принципы построения математических моделей.</li> </ol> <p>Задания для студентов.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Промоделируйте распространение волны и ее отражение от закрепленного (незакрепленного) правого конца среды в случае, когда ее левый элемент совершает гармонические колебания.</li> <li>2. Изучите распространение и отражение импульса в случае, когда левый элемент среды совершил полколебания.</li> <li>3. Пронаблюдайте суперпозицию волн, испускаемых двумя элементами, колеблющимися с равными (различными) частотами и отстоящими друг от друга на расстояние <math>a</math>.</li> <li>4. Промоделируйте возникновение стоячей волны при отражении гармонической волны от правого закрепленного (незакрепленного) конца шнура.</li> <li>5. Изучите интерференцию двух цугов, распространяющихся навстречу.</li> <li>6. Промоделируйте отражение одиночного импульса от границы раздела двух сред с различными скоростями распространения волн. Для этого необходимо задать</li> </ol>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
	физических исследований	<p>различные значения <math>\alpha</math> для левой и правой половинок шнура.</p> <p>7. Используя модель, изучите зависимость длины волны от частоты.</p> <p>Задания для студентов.</p> <p>1. Температура группы элементов, находящихся в центре стержня, достаточно высока. Постройте график зависимости температуры от координаты и исследуйте изменение распределения температуры вдоль стержня с течением времени, если коэффициент температуропроводности во всех точках одинаков.</p> <p>2. Решите предыдущую задачу для случая, когда стержень неоднороден, например, коэффициент температуропроводности его левой половины больше, чем правой.</p> <p>3. Вблизи центра стержня имеется несколько источников тепла. Изучите изменение распределения температуры с течением времени, если стержень однороден.</p> <p>4. Решите предыдущую задачу для случая, когда стержень неоднороден, то есть его коэффициент температуропроводности зависит от координаты.</p> <p>5. Изучите распределение температуры вдоль стержня в случае, когда один конец охлаждается, а другой поддерживается при постоянной температуре.</p> <p>6. Задайте источник тепла, мощность которого периодически изменяется с течением времени с очень низкой частотой. Промоделируйте тепловые волны.</p> <p>7. Температура группы элементов, находящихся в центре пластины, достаточно высока. Исследуйте изменение распределения температуры с течением времени, если пластина однородная и изотропная.</p> <p>8. Решите предыдущую задачу для случая, когда пластина неоднородна.</p> <p>9. Промоделируйте нагревание неизотропной пластины источниками тепла, находящимися в центре.</p> <p>10. Вблизи центра пластины имеется группа поглотителей тепла (источников тепла с отрицательной мощностью). Изучите изменение распределения температуры с течением времени.</p> <p>11. Пластина с отверстием содержит источник тепла и поглотитель тепла. Изучите распределение температуры в различные моменты времени.</p> <p>12. Температура группы элементов вблизи центра пластины поддерживается постоянной. Изучите распределение температуры, если пластина имеет источники тепла с положительной (отрицательной) мощностью.</p> <p>13. Решите предыдущую задачу для случая, когда пластина анизотропна, то есть ее коэффициент температуропроводности зависит от направления.</p>

***Критерии оценки (в соответствии с формируемыми компетенциями и планируемыми результатами обучения):***

– на оценку **«отлично»** – студент должен показать высокий уровень знаний не только на уровне воспроизведения и объяснения информации, но и интеллектуальные навыки решения проблем и задач, нахождения уникальных ответов к проблемам, оценки и вынесения критических суждений;

– на оценку **«хорошо»** – студент должен показать знания не только на уровне воспроизведения и объяснения информации, но и интеллектуальные навыки решения проблем и задач, нахождения уникальных ответов к проблемам;

– на оценку **«удовлетворительно»** – студент должен показать знания на уровне воспроизведения и объяснения информации, интеллектуальные навыки решения простых задач;

– на оценку **«неудовлетворительно»** – студент не может показать знания на уровне воспроизведения и объяснения информации, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.