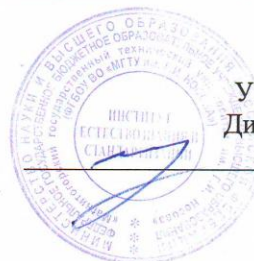




МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

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



УТВЕРЖДАЮ  
Директор ИЕиС  
И.Ю. Мезин

17.02.2020 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

***МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ТЕПЛОМАССООБМЕНА***

Направление подготовки (специальность)  
03.03.02 ФИЗИКА

Уровень высшего образования - бакалавриат  
Программа подготовки - академический бакалавриат

Форма обучения  
очная

Институт/ факультет	Институт естествознания и стандартизации
Кафедра	Физики
Курс	4
Семестр	7

Магнитогорск  
2020 год

Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО по направлению подготовки 03.03.02 ФИЗИКА (уровень бакалавриата) (приказ Минобрнауки России от 07.08.2014 г. № 937)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры Физики  
06.02.2020, протокол № 5

Зав. кафедрой  М.Б. Аркулис

Рабочая программа одобрена методической комиссией ИЕиС  
17.02.2020 г. протокол № 6

Председатель  И.Ю. Мезин

Рабочая программа составлена:  
доцент кафедры Физики, канд. техн. наук

 А.В. Колдин

Рецензент:  
зав. кафедрой ВТиП, д-р техн. наук

 О.С. Логунова

## Лист актуализации рабочей программы

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2021 - 2022 учебном году на заседании кафедры Физики

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ М.Б. Аркулис

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2022 - 2023 учебном году на заседании кафедры Физики

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ М.Б. Аркулис

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2023 - 2024 учебном году на заседании кафедры Физики

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ М.Б. Аркулис

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2024 - 2025 учебном году на заседании кафедры Физики

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ М.Б. Аркулис

### 1 Цели освоения дисциплины (модуля)

Цель данного курса – повышение общеобразовательного уровня специалистов, формирование у студентов умения применять основные законы и представления теплофизики компьютерного моделирования процессов тепломассообмена

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

Дисциплина Моделирование процессов тепломассообмена входит в вариативную часть учебного плана образовательной программы.

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

Общая физика

Теоретическая физика

Вычислительная физика

Дифференциальные уравнения

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

Подготовка к защите и защита выпускной квалификационной работы

Производственная – преддипломная практика

Теплофизические задачи сплошной среды

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

В результате освоения дисциплины (модуля) «Моделирование процессов тепломассообмена» обучающийся должен обладать следующими компетенциями:

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения
ПК-1 способностью использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин	
Знать	физические законы и явления теории тепломассообмена и рамки их применения
Уметь	использовать базовые теоретические знания в нестандартных ситуациях
Владеть	способностью использования полученных знаний для изучения профильных и непрофильных дисциплин
ПК-5 способностью пользоваться современными методами обработки, анализа и синтеза физической информации в избранной области физических исследований	
Знать	основные приёмы и методы обработки баз информации; принципы и методы научного исследования; основы регистрации, обработки, представления численных и графических данных, а так же программных сред для осуществления выше перечисленных процессов сбора и представления информации
Уметь	применять полученные знания для обработки, анализа и синтеза общезначимой информации; представлять полученные значения измеряемых параметров с учётом погрешности измерений
Владеть	методикой планирования многофакторного эксперимента; методами и алгоритмами планирования и постановки эксперимента

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

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единиц 108 акад. часов, в том числе:

- контактная работа – 18,1 акад. часов;
- аудиторная – 18 акад. часов;
- внеаудиторная – 0,1 акад. часов
- самостоятельная работа – 89,9 акад. часов;

Форма аттестации - зачет с оценкой

Раздел/ тема дисциплины	Семестр	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа студента	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код компетенции
		Лек.	лаб. зан.	практ. зан.				
1. Решение дифференциального уравнения нестационарной								
1.1 Аналитические решения при граничных условиях 1-го рода	7		4/ИИ		17,9	Самостоятельное изучение литературы по теме, подготовка к лабораторной работе	Опрос, проверка отчета о выполнении лабораторной работы	ПК-1, ПК-5
1.2 Аналитические решения при граничных условиях 2-го и 3-го рода			4/ИИ		24	Самостоятельное изучение литературы по теме, подготовка к лабораторной работе	Опрос, проверка отчета о выполнении лабораторной работы	ПК-1, ПК-5
1.3 Численные решения с использованием явных конечно-разностных схем			4/ИИ		24	Самостоятельное изучение литературы по теме, подготовка к лабораторной работе	Опрос, проверка отчета о выполнении лабораторной работы	ПК-1, ПК-5
1.4 Численные решения с использованием неявных конечно-разностных схем			6/ИИ		24	Самостоятельное изучение литературы по теме, подготовка к лабораторной работе	Опрос, проверка отчета о выполнении лабораторной работы	ПК-1, ПК-5
Итого по разделу			18/4И		89,9			
Итого за семестр			18/4И		89,9		зачет	
Итого по дисциплине			18/4И		89,9		зачет с оценкой	ПК-1, ПК-5

## 5 Образовательные технологии

Для формирования компетенций и реализации предусмотренных видов учебной работы в учебном процессе используются традиционная, интерактивная и информационно-коммуникационные технологии.

Лабораторные занятия проводятся в компьютерных классах ФГБОУ ВО «МГТУ». Оснащение: персональные компьютеры с выходом в интернет и доступом в электронную образовательную среду университета, мультимедийные средства хранения, передачи и представления информации.

Для предоставления студентам графика самостоятельной работы, расписания консультаций, заданий для самостоятельного выполнения и рекомендуемых тем для самостоятельного изучения используются возможности образовательного портала ФГБОУ ВО «МГТУ».

## 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 (модуля)

### а) Основная литература:

1. Видин, Ю. В. Теоретические основы теплотехники. Тепломассообмен: Учебное пособие / Видин Ю.В., Казаков Р.В., Колосов В.В. - Краснояр.:СФУ, 2015. - 370 с.: ISBN 978-5-7638-3302-7. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/967810>

2. Савенкова, Н. П. Численные методы в математическом моделировании : учеб. пособие / Н.П. Савенкова, О.Г. Проворова, А.Ю. Мокин. — 2-е изд., испр. и доп. — М. : ИНФРА-М, 2019. — 176 с. — (Высшее образование: Бакалавриат). - ISBN 978-5-00024-019-9. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1013459>

### б) Дополнительная литература:

1. Видин, Ю. В. Инженерные методы расчета задач теплообмена [Электронный ресурс] : монография / Ю. В. Видин, В. В. Иванов, Р. В. Казаков. - Красноярск : Сиб. федер. ун-т, 2014. - 168 с. - ISBN 978-5-7638-2940-2. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/506059>

### в) Методические указания:

1. Теплопередача : учебное пособие : в 2 ч. Ч. 2. Упражнения и задачи / В. С. Чередниченко, В. А. Сеницын, А. И. Алиферов, Ю. И. Шаров ; под общ. ред. В. С. Чередниченко, А. И. Алиферова. — Москва : ИНФРА-М, 2020. — 348 с. — (Высшее образование: Бакалавриат). - ISBN 978-5-16-014714-7. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1001096>

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

#### Программное обеспечение

Наименование ПО	№ договора	Срок действия лицензии
-----------------	------------	------------------------

MS Windows 7 Professional(для классов)	Д-1227-18 от 08.10.2018	11.10.2021
MS Office 2007 Professional	№ 135 от 17.09.2007	бессрочно

### **Профессиональные базы данных и информационные справочные системы**

Название курса	Ссылка
Электронные ресурсы библиотеки МГТУ им. Г.И. Носова	<a href="http://magtu.ru:8085/marcweb2/Default.asp">http://magtu.ru:8085/marcweb2/Default.asp</a>
Информационная система - Единое окно доступа к информационным ресурсам	URL: <a href="http://window.edu.ru/">http://window.edu.ru/</a>

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

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

Для формирования компетенций и реализации предусмотренных видов учебной работы в учебном процессе используются традиционная, интерактивная и информационно-коммуникационные технологии.

Лабораторные занятия проводятся в компьютерных классах ФГБОУ ВО «МГТУ». Оснащение: персональные компьютеры с выходом в интернет и доступом в электронную образовательную среду университета, мультимедийные средства хранения, передачи и представления информации.

Для предоставления студентам графика самостоятельной работы, расписания консультаций, заданий для самостоятельного выполнения и рекомендуемых тем для самостоятельного изучения используются возможности образовательного портала ФГБОУ ВО «МГТУ».

## Приложение 1

### Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

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

*ЛАБ №1* «Статистическая обработка массива случайных данных».

Цель работы: ознакомиться с методами обработки массива случайных данных.

Контрольные вопросы

1. Сформулируйте основные причины появления неопределенностей. Какие из них являются субъективными, а какие – объективными?
  2. Как описывается неопределенность математически?
  3. Приведите примеры математического описания неопределенностей в металлургии.
  4. Когда в задаче математического моделирования применяется стохастическое описание переменных?
  5. Дайте определение функции и плотности распределения.
  6. Меры положения и рассеяния кривой распределения.
- Объясните различие между модой, медианой и математическим ожиданием.

*ЛАБ №2* «Метод наименьших квадратов для уравнения линейной регрессии».

Цель работы: ознакомиться с методами обработки массива случайных данных.

Контрольные вопросы

1. Что такое корреляционное поле, линии регрессии?
2. Метод наименьших квадратов для получения уравнения линейной регрессии.
3. Коэффициент корреляции, его смысл.

*ЛАБ №3* «Метод прогонки решения сеточных уравнений».

Цель работы: ознакомиться с прямым методом решения сеточных уравнений на компьютере

Контрольные вопросы

1. Конечно-разностное представление первой и второй производных.
2. Явная и неявная схемы аппроксимации уравнения теплопроводности.
3. Оценка ошибок аппроксимации уравнения теплопроводности.
4. Соотношение между временным и пространственным шагами сетки, обеспечивающее минимальную ошибку аппроксимации уравнения теплопроводности.
5. Векторно-матричное представление сеточных уравнений.
6. Метод прогонки решения матричных уравнений и его реализация на компьютере.
7. Запись основных операторов программирования на языке Паскаль.

*ЛАБ №4* «Метод последовательной линейной верхней релаксации решения сеточных уравнений».

Цель работы: ознакомиться с итерационным методом решения сеточных уравнений на компьютере.

Контрольные вопросы

1. Оценка ошибок аппроксимации уравнения теплопроводности.



2. Соотношение между временным и пространственным шагами сетки, обеспечивающее минимальную ошибку аппроксимации уравнения теплопроводности.
3. Векторно-матричное представление сеточных уравнений.
4. Метод последовательной линейной верхней релаксации и его реализация на компьютере.
5. Запись основных операторов программирования на языке Паскаль.

**ЛАБ №5** «Расчет времени охлаждения плоского слоя».

Цель работы: ознакомиться с численным методом решения задач нестационарной теплопроводности.

Контрольные вопросы

1. Конечно-разностное представление первой и второй производных.
2. Явная и неявная схемы аппроксимации уравнения теплопроводности.
3. Оценка ошибок аппроксимации уравнения теплопроводности.
4. Соотношение между временным и пространственным шагами сетки, обеспечивающее минимальную ошибку аппроксимации уравнения теплопроводности.
5. Аппроксимация граничных условий теплообмена по формулам первого и второго порядков точности.
6. Векторно-матричное представление сеточных уравнений.
7. Запись основных операторов программирования на языке Паскаль.

**ЛАБ №6** «Расчет времени охлаждения блюмса».

Цель работы: ознакомиться с численным методом решения двумерных задач нестационарной теплопроводности.

Контрольные вопросы

1. Конечно-разностное представление первой и второй производных.
2. Явная и неявная схемы аппроксимации уравнения теплопроводности.
3. Оценка ошибок аппроксимации уравнения теплопроводности.
4. Соотношение между временным и пространственным шагами сетки, обеспечивающее минимальную ошибку аппроксимации уравнения теплопроводности.
5. Аппроксимация граничных условий теплообмена по формулам первого и второго порядков точности.
6. Векторно-матричное представление сеточных уравнений.
7. Запись основных операторов программирования на языке Паскаль.

**ЛАБ №7** «Расчет времени затвердевания непрерывного плоского слитка (сляба)».

Цель работы: ознакомиться с численным методом решения одномерных задач затвердевания слитков.

Контрольные вопросы

1. Конечно-разностное представление первой и второй производных.
2. Явная и неявная схемы аппроксимации уравнения теплопроводности.
3. Оценка ошибок аппроксимации уравнения теплопроводности.
4. Соотношение между временным и пространственным шагами сетки, обеспечивающее минимальную ошибку аппроксимации уравнения теплопроводности.
5. Аппроксимация граничных условий теплообмена по формулам первого и второго порядков точности.
6. Векторно-матричное представление сеточных уравнений.
7. Запись основных операторов программирования на языке Паскаль.

**ЛАБ №8** «Расчет времени затвердевания непрерывного слитка квадратного сечения (блумса)».

Цель работы: ознакомиться с численным методом решения двумерных задач нестационарной теплопроводности.

Контрольные вопросы

1. Конечно-разностное представление первой и второй производных.
2. Явная и неявная схемы аппроксимации уравнения теплопроводности.
3. Соотношение между временным и пространственным шагами сетки, обеспечивающее минимальную ошибку аппроксимации уравнения теплопроводности.
4. Чем объясняется рост корки слитка по закону квадратного корня?
5. Запись основных операторов программирования на языке Паскаль.

### **Перечень вопросов к зачету:**

1. Основные этапы метода сеток. Дискретизация. Сетка и шаблон.
2. Аппроксимация производной.
3. Явные и неявные схемы.
4. Решение разностных уравнений методом прогонки.
5. Программные продукты EXCEL, Grapher, MathCad, Origin и их возможности для работы с графиками.
6. Структура программы в среде PascalABC.
7. Оператор if, варианты написания (примеры). Логические операции.
8. Циклы с предусловием, циклы с постусловием. Примеры.
9. Процедуры и функции. Примеры
10. Что называется конвективным тепломассообменом?
11. Плотность теплового потока при конвективном тепломассообмене. Теплоотдача, уравнение теплоотдачи Ньютона – Рихмана, физический смысл и размерность коэффициента теплоотдачи.
12. Массоотдача, коэффициент диффузии, его смысл и размерность.
13. Дифференциальное уравнение неразрывности, уравнение несжимаемости, их физический смысл.
14. Дифференциальное уравнение переноса энергии, его физический смысл.
15. Коэффициент температуропроводности, его размерность и физический смысл.
16. Дифференциального уравнения движения вязкого теплоносителя, его физический смысл.
17. Коэффициенты динамической и кинематической вязкости, их размерность и физический смысл.
18. Дифференциальное уравнение теплоотдачи в пограничном слое.
19. Условия однозначности в задачах конвективного тепломассообмена, виды граничных условий для скорости.
20. Коэффициент поверхностного натяжения, его размерность и физический смысл. Условия возникновения конвекции Марангони.
21. Коэффициент объемного расширения теплоносителя. Приближение Буссинеска в задачах тепловой конвекции, его физический смысл.
22. Какие уравнения включает постановка краевой задачи тепловой конвекции в динамических переменных?
23. Завихренность, функция тока теплоносителя, их размерности, физический смысл. Дифференциальное уравнение переноса завихренности.
24. Дифференциальное уравнение теплопроводности, его физический смысл.

25. Как учитываются в уравнении теплопроводности неоднородные свойства?
26. Как учитываются в уравнении теплопроводности анизотропия свойств?
27. Как задаются граничные условия теплообмена первого, второго и третьего видов?  
Физический смысл коэффициента теплоотдачи.
28. Граничные условия контактного теплообмена (четвертого вида). Смысл и размерность теплового сопротивления контакта.

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

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

1. Проработать конспект лекции на предмет выявления непонятных моментов темы.
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 результатов 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 4хчасовых ЛР: в часы данной ЛР в соответствии с расписанием;

- для 2хчасовых 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 замерах 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 экзамена.

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
<b>ПК-1 способностью использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин</b>		
Знать	физические законы и явления теории теплообмена и рамки их применения	<p style="text-align: center;"><b>Перечень вопросов для подготовки к зачету:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Основные этапы метода сеток. Дискретизация. Сетка и шаблон.</li> <li>2. Аппроксимация производной.</li> <li>3. Явные и неявные схемы.</li> <li>4. Решение разностных уравнений методом прогонки.</li> <li>5. Программные продукты EXCEL, Grapher, MathCad, Origin и их возможности для работы с графиками.</li> <li>6. Структура программы в среде PascalABC.</li> <li>7. Оператор if, варианты написания (примеры). Логические операции.</li> <li>8. Циклы с предусловием, циклы с постусловием. Примеры.</li> <li>9. Процедуры и функции. Примеры</li> </ol>
Уметь	использовать базовые теоретические знания в нестандартных ситуациях	Примеры заданий для самостоятельного решения. Определить температурное поле в плоском слое при стационарной теплопроводности. Левая и правая граница слоя поддерживаются изотермическими с температурами: $T_л = 100$ оС, $T_п = 200$ оС. Задачу решить на регулярной сетке с числом разбиений $N = 4$ методом прогонки.
Владеть	способностью использования полученных знаний для изучения профильных и непрофильных дисциплин	<p>Вопросы для самоконтроля</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Основы метода сеток. Запись первой и второй производных с первым и вторым порядками точности.</li> <li>2. Явная и неявная схемы аппроксимации уравнения переноса энергии.</li> <li>3. Схемы аппроксимации первого и второго порядков точности для уравнения теплопроводности.</li> <li>4. Сравнительная характеристика ошибок округления, аппроксимации и схемных ошибок в вычислительном эксперименте.</li> <li>5. Как оценить погрешность в вычислительном эксперименте?</li> <li>6. От чего зависит схемная ошибка консервативности в уравнении переноса?</li> <li>7. Каковы условия существования схемной ошибки</li> </ol>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства																																	
		искусственной диффузии, как она проявляется в численном решении.																																	
<b>ПК-5 способностью пользоваться современными методами обработки, анализа и синтеза физической информации в избранной области физических исследований</b>																																			
Знать	основные приёмы и методы обработки баз информации; принципы и методы научного исследования; основы регистрации, обработки, представления численных и графических данных, а так же программных сред для осуществления выше перечисленных процессов сбора и представления информации	<p><b>Перечень вопросов для подготовки к зачету:</b></p> <p>29. Что называется конвективным теплообменом?</p> <p>30. Плотность теплового потока при конвективном теплообмене. Теплоотдача, уравнение теплоотдачи Ньютона – Рихмана, физический смысл и размерность коэффициента теплоотдачи.</p> <p>31. Массоотдача, коэффициент диффузии, его смысл и размерность.</p> <p>32. Дифференциальное уравнение неразрывности, уравнение несжимаемости, их физический смысл.</p> <p>33. Дифференциальное уравнение переноса энергии, его физический смысл.</p> <p>34. Коэффициент температуропроводности, его размерность и физический смысл.</p> <p>35. Дифференциального уравнения движения вязкого теплоносителя, его физический смысл.</p> <p>36. Коэффициенты динамической и кинематической вязкости, их размерность и физический смысл.</p> <p>37. Дифференциальное уравнение теплоотдачи в пограничном слое.</p> <p>38. Условия однозначности в задачах конвективного теплообмена, виды граничных условий для скорости.</p>																																	
Уметь	применять полученные знания для обработки, анализа и синтеза общезначимой информации; представлять полученные значения измеряемых параметров с учётом погрешности измерений	<p>Примеры заданий для самостоятельного решения.</p> <p>Определить температурное поле в плоском слое при стационарной теплопроводности. Левая и правая граница слоя поддерживаются изотермическими с температурами: <math>T_l</math>, <math>T_p</math>. Задачу решить на регулярной сетке с числом разбиений <math>N = 4</math> методом прогонки.</p> <table border="1" data-bbox="678 1657 1465 1742"> <thead> <tr> <th>№ задания</th> <th>0</th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> <th>5</th> <th>6</th> <th>7</th> <th>8</th> <th>9</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><math>T_l, ^\circ\text{C}</math></td> <td>100</td> <td>150</td> <td>200</td> <td>250</td> <td>300</td> <td>350</td> <td>400</td> <td>450</td> <td>500</td> <td>550</td> </tr> <tr> <td><math>T_p, ^\circ\text{C}</math></td> <td>200</td> <td>250</td> <td>300</td> <td>350</td> <td>400</td> <td>450</td> <td>500</td> <td>550</td> <td>600</td> <td>650</td> </tr> </tbody> </table>	№ задания	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	$T_l, ^\circ\text{C}$	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	$T_p, ^\circ\text{C}$	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650
№ задания	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9																									
$T_l, ^\circ\text{C}$	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550																									
$T_p, ^\circ\text{C}$	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650																									

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
Владеть	методикой планирования многофакторного эксперимента; методами и алгоритмами планирования и постановки эксперимента	<p>Вопросы для самоконтроля</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Сформулируйте основные причины появления неопределенностей. Какие из них являются субъективными, а какие – объективными?</li> <li>2. Как описывается неопределенность математически?</li> <li>3. Приведите примеры математического описания неопределенностей в металлургии.</li> <li>4. Когда в задаче математического моделирования применяется стохастическое описание переменных?</li> </ol>

***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.