



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
04.03.2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ПЕРЕНОСА В
КОНДЕНСИРОВАННЫХ СРЕДАХ**

Направление подготовки (специальность)
03.03.02 Физика

Направленность (профиль/специализация) программы
Физика конденсированного состояния вещества

Уровень высшего образования - бакалавриат

Форма обучения
очная

Институт/ факультет	Институт естествознания и стандартизации
Кафедра	Физики
Курс	4
Семестр	8

Магнитогорск
2021 год

Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО - бакалавриат по направлению подготовки 03.03.02 Физика (приказ Минобрнауки России от 07.08.2020 г. № 891)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры Физики
18.02.2021, протокол № 5

Зав. кафедрой  М.Б. Аркулис

Рабочая программа одобрена методической комиссией ИЕиС
04.03.2021 г. протокол № 7

Председатель  И.Ю. Мезин

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

 А.В. Колдин

Рецензент:
зав. кафедрой Физики, 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 15. 10. 2021 г. № 2
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

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2025 - 2026 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 для компьютерного моделирования процессов тепломассообмена

2 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина Моделирование процессов переноса в конденсированных средах входит в часть учебного плана формируемую участниками образовательных отношений образовательной программы.

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

Общая физика

Теоретическая физика

Вычислительная физика

Дифференциальные уравнения

Процессы переноса в конденсированных средах

Методы математической физики

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

Производственная – преддипломная практика

Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы

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

В результате освоения дисциплины (модуля) «Моделирование процессов переноса в конденсированных средах» обучающийся должен обладать следующими компетенциями:

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции
ПК-2	Способен планировать и проводить экспериментальные и теоретические исследования процессов и явлений в физике конденсированного состояния
ПК-2.1	Проводит работы по обработке и анализу научно-технической информации и результатов исследований в области физики конденсированного состояния
ПК-2.2	Проводит эксперименты и оформляет результаты исследований в области физики конденсированного состояния
ПК-2.3	Готовит элементы документации, проектов планов и программ проведения отдельных этапов экспериментальных работ в области физики конденсированного состояния

4. Структура, объём и содержание дисциплины (модуля)

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

- контактная работа – 54,1 акад. часов;
- аудиторная – 24 акад. часов;
- внеаудиторная – 30,1 акад. часов;
- самостоятельная работа – 53,9 акад. часов;
- в форме практической подготовки – 0 акад. час;

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 теплопроводности								
1.1 Аналитические решения при граничных условиях 1-го рода	8		6/1И			Самостоятельное изучение литературы по теме, подготовка к лабораторной работе	Опрос, проверка отчета о выполнении лабораторной работы	ПК-2.1, ПК-2.2, ПК-2.3
1.2 Аналитические решения при граничных условиях 2-го и 3-го рода			6/1И		9,9	Самостоятельное изучение литературы по теме, подготовка к лабораторной работе	Опрос, проверка отчета о выполнении лабораторной работы	ПК-2.1, ПК-2.2, ПК-2.3
1.3 Численные решения с использованием явных конечно-разностных схем			6/1И		22	Самостоятельное изучение литературы по теме, подготовка к лабораторной работе	Опрос, проверка отчета о выполнении лабораторной работы	ПК-2.1, ПК-2.2, ПК-2.3
1.4 Численные решения с использованием неявных конечно-разностных схем			6/1И		22	Самостоятельное изучение литературы по теме, подготовка к лабораторной работе	Опрос, проверка отчета о выполнении лабораторной работы	ПК-2.1, ПК-2.2, ПК-2.3
Итого по разделу			24/4И		53,9			
Итого за семестр			24/4И		53,9		зао	
Итого по дисциплине			24/4И		53,9		зачет с оценкой	

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. Чердниченко, В. А. Сеницын, А. И. Алиферов, Ю. И. Шаров ; под общ. ред. В. С. Чердниченко, 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
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	http://magtu.ru:8085/marcweb2/Default.asp
Информационная система - Единое окно доступа к информационным ресурсам	URL: http://window.edu.ru/

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 (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. 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 теплообменом?
11. Плотность теплового потока при конвективном теплообмене. 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 теплообмена, 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 вихренности.
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 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 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 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
ПК-2: Способен планировать и проводить экспериментальные и теоретические исследования процессов и явлений в физике конденсированного состояния		
ПК-2.1	Проводит работы по обработке и анализу научно-технической информации и результатов исследований в области физики конденсированного состояния	<p style="text-align: center;"><i>Перечень вопросов для подготовки к зачету:</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 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 теплообменом? 11. Плотность теплового потока при конвективном теплообмене. 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 теплообмена, виды граничных условий для скорости.
ПК-2.2	Проводит эксперименты и оформляет результаты исследований в области физики конденсированного состояния	<p>Вопросы для самоконтроля</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Основы метода сеток. Запись первой и второй производных с первым и вторым порядками точности. 2. Явная и неявная схемы аппроксимации уравнения переноса энергии. 3. Схемы аппроксимации первого и второго порядков точности для уравнения теплопроводности. 4. Сравнительная характеристика ошибок округления, аппроксимации и схемных ошибок в вычислительном эксперименте. 5. Как оценить погрешность в вычислительном эксперименте? 6. От чего зависит схемная ошибка консервативности в уравнении переноса? 7. Каковы условия существования схемной ошибки искусственной диффузии, как она проявляется в численном решении. 8. Сформулируйте основные причины появления неопределенностей. Какие из них являются субъективными, а какие – объективными? 9. Как описывается неопределенность математически? 10. Приведите примеры математического описания неопределенностей в металлургии. 11. Когда в задаче математического моделирования применяется стохастическое описание переменных?

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства																																	
ПК-2.3	Готовит элементы документации, проектов планов и программ проведения отдельных этапов экспериментальных работ в области физики конденсированного состояния	<p>Примеры заданий для самостоятельного решения.</p> <p>Примеры заданий для самостоятельного решения.</p> <p>1. Определить температурное поле в плоском слое при стационарной теплопроводности. Левая и правая граница слоя поддерживаются изотермическими с температурами: $T_l = 100$ оС, $T_p = 200$ оС. Задачу решить на регулярной сетке с числом разбиений $N = 4$ методом прогонки.</p> <p>2. Определить температурное поле в плоском слое при стационарной теплопроводности. Левая и правая граница слоя поддерживаются изотермическими с температурами: T_l, T_p. Задачу решить на регулярной сетке с числом разбиений $N = 4$ методом прогонки.</p> <table border="1" data-bbox="675 593 1460 676"> <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>$T_l, ^\circ\text{C}$</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>$T_p, ^\circ\text{C}$</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																									

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.