

**федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ**

Кафедра высшей математики и физики

Фонд оценочных средств дисциплины

Б1.О.06 Компьютерное моделирование процессов в твердых телах

Основная профессиональная образовательная программа
высшего образования по направлению подготовки
(сетевая форма реализации)

03.04.01 Прикладные математика и физика

Направленность (профиль)
«Физические исследования инновационных материалов»

Уровень
Магистратура

Форма обучения
Очная

Рассмотрен и утвержден на заседании кафедры
08.09.2022, протокол № 2
Зав. кафедрой Зайцева И.В.

Авторы-разработчики:
к.х.н., Михеева Е.Ю.,
к.ф.-м.н., Пономарев М.Г.

1. Паспорт Фонда оценочных средств по дисциплине

«Компьютерное моделирование процессов в твердых телах»

Таблица 1. Перечень оценочных средств текущего контроля

№ п/п	Тема дисциплины	Формируемые компетенции	Наименование средств текущего контроля
1	Тема 1. Введение в метод конечных элементов	ОПК-2.2; ОПК-3.1; ОПК-4.1; ПК-1.2	Устный опрос Практическая работа 1 Лабораторная работа 1
2	Тема 2. Расчетная оболочка ANSYS Workbench. Геометрическое моделирование в ANSYS Workbench	ОПК-2.2; ОПК-3.1; ОПК-4.1; ПК-1.2	Устный опрос Практическая работа 2 Лабораторная работа 2
3	Тема 3. Управление материалами, генерация конечно-элементной сетки в ANSYS Workbench	ОПК-2.2; ОПК-3.1; ОПК-4.1; ПК-1.2	Устный опрос Практическая работа 2 Лабораторная работа 3
	Текущий контроль успеваемости (ТКУ)	ОПК-2.2; ОПК-3.1; ОПК-4.1; ПК-1.2	Тестирование
4	Тема 4. Нагрузки и граничные условия. Настройка решателя ANSYS Workbench	ОПК-2.2; ОПК-3.1; ОПК-4.1; ПК-1.2	Устный опрос Практическая работа 3 Лабораторная работа 4
5	Тема 5. Математическое моделирование эксперимента как решение физической задачи	ОПК-2.2; ОПК-3.1; ОПК-4.1; ПК-1.2	Устный опрос Практическая работа 3 Лабораторная работа 5
Форма промежуточной аттестации			Экзамен

2. Перечень компетенций, с указанием этапов их формирования в процессе освоения дисциплины

Таблица 2. Перечень компетенций, формируемых в процессе освоения дисциплины

Формируемые компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций	Виды оценочных средств
ОПК-2. Способен самостоятельно осваивать и применять современные математические методы исследования, анализа и обработки	Знать: – физические основы строения и свойств твердого тела, процессы, протекающие в твердых телах и законы их описывающие; Уметь: – выделять составляющие сложных систем;	Тестирование: Тестовые задания Тестирование: Тестовые задания

Формируемые компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций	Виды оценочных средств
<p>данных, компьютерные программы, средства их разработки, научно-исследовательскую, измерительно-аналитическую и технологическую аппаратуру (в соответствии с избранным направлением прикладных математики и физики)</p> <p>ОПК-2.2. Создаёт новую и использует известную научно-исследовательскую, измерительно-аналитическую и технологическую аппаратуру (в соответствии с избранным направлением прикладных математики и физики)</p>	<p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> – методами анализа числовых данных; 	<p>Тестирование: Тестовые задания</p>
<p>ОПК-3. Способен в рамках своей профессиональной деятельности анализировать, выявлять, формализовать и находить решения фундаментальных и прикладных научно-технических и инновационных задач</p>	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> – основные принципы построения моделей и их компьютерных реализаций <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> – описывать процессы, происходящие в твердом теле, с помощью уравнений; – выбирать оптимальные методики для моделирования различных физических процессов; 	<p>Тестирование: Тестовые задания</p> <p>Тестирование: Тестовые задания</p>

Формируемые компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций	Виды оценочных средств
ОПК-3.1. Решает задачи анализа и формализации фундаментальных и прикладных научно-технических проблем	Владеть: - умениями использования прикладных программных средств для моделирования процессов в твердых телах	Тестирование: Тестовые задания
ОПК-4. Способен выбирать цели своей профессиональной деятельности и пути их достижения, осуществлять научный, технический, технологический и инновационный поиск, прогнозировать научные, производственные, технологические и социально-экономические последствия	Знать: – основы физики строения твердого тела, основные закономерности протекания физических процессов в твердых телах; – основные этапы решения естественнонаучных задач с помощью компьютера Уметь: – контролировать достоверность результатов и анализировать причину ошибок; - ставить актуальные исследовательские задачи и выполнять соответствующий контроль;	Тестирование: Тестовые задания
ОПК-4.1 Выбирает цели и пути их достижения в научно-технологическом и научном поиске в направлении своей профессиональной деятельности	Владеть: - умениями обработки и анализа характеристик процессов в твердых телах; - умениями выбора оптимальных методики для описания процессов в твердых телах;	Тестирование: Тестовые задания
ПК-1. Способен использовать специализированные знания о выбранных объектах исследований для проведения научных исследований с использованием современных	Знать: – современное состояние вычислительных технологий и их применение в физике; Уметь: – проводить анализ и интерпретировать результаты моделирования;	Тестирование: Тестовые задания

Формируемые компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций	Виды оценочных средств
информационных технологий ПК-1.2. Проводит математическое моделирование и оптимизацию параметров объектов и процессов с использованием стандартных и специально разработанных инструментальных и программных средств	Владеть: – программными средствами анализа, интерпретации и визуализации результатов компьютерного моделирования	Тестирование: Тестовые задания

3. Балльно-рейтинговая система оценивания

Таблица 3. Распределение баллов по видам учебной работы

Вид учебной работы, за которую ставятся баллы	Баллы
Текущий контроль успеваемости	0-100
Промежуточная аттестация	0-30
ИТОГО	0-100

Таблица 3.1. Распределение баллов по текущему контролю

2 семестр				
№	Вид работ	Min	Max	
1. Обязательная часть				
1.1	Текущий контроль успеваемости по проверке сформированности остаточных знаний:			
1.1.1	Текущий контроль успеваемости (ТКУ)	0	10	
1.2	Выполнение практических работ			
1.2.1	Практическая работа 1. Решение задач на расчет кристаллических решеток, объем ячеек, коэффициент компактности.	4	5	
1.2.2	Практическая работа 2. Решение задач на расчет удельной теплоемкости, коэффициента теплопроводности, механических свойств твердых тел.	4	5	
1.2.3	Практическая работа 3. Нахождение концентраций носителей заряда, расчет энергии Ферми. Нахождение распределения электронов по скоростям, кинетических энергий и теплоемкости электронного газа в металлах.	2	4	
1.3	Выполнение лабораторных работ			
1.3.1	Лабораторная работа № 1 Изучение основных принципов: ознакомление с этапами	2	4	

	компьютерного моделирования, начиная с постановки задачи и заканчивая анализом результатов.		
1.3.2	Лабораторная работа № 2 Разработка моделей: создание концептуальных и математических моделей, а также алгоритмов для решения задач, связанных с процессами в твердых телах.	2	3
1.3.3	Лабораторная работа № 3 Использование ПО: работа с системами компьютерного моделирования и другим программным обеспечением для создания цифровых моделей объектов и систем.	2	3
1.3.4	Лабораторная работа № 4 Проведение экспериментов: проведение имитационных экспериментов на компьютерной модели для получения количественных и качественных результатов.	2	3
1.3.5	Лабораторная работа № 5 Анализ и оптимизация: интерпретация результатов моделирования для выявления свойств системы, оптимизации процессов и улучшения научного понимания	2	3
Итого баллов по обязательной части		20	40

Таблица 3.2. Конвертация баллов в итоговую оценку

Оценка	Баллы
Отлично	85-100
Хорошо	64-84
Удовлетворительно	40-63
Неудовлетворительно	0-39

4. Содержание оценочных средств текущего контроля. Критерии оценивания

Перечень учебно-методического и информационного обеспечения самостоятельной работы обучающихся по дисциплине, в том числе по подготовке к текущему контролю и промежуточной аттестации представлены в рабочих программах и методических рекомендациях для обучающихся по освоению дисциплины.

Перечень практических работ, методика выполнения и критерии оценивания по темам дисциплины:

Практическая работа № 1. Расчет балки на прочность в программе ANSYS Workbench: тонкая пластина постоянной толщины h , нагружена внешними силами, параллельными срединной плоскости и равномерно распределенными по толщине. Провести расчет плоского напряженного состояния пластины с помощью метода конечных элементов. Рассчитать процесс стационарной теплопроводности в стальном стержне длиной 0,2 м, площадь сечения стержня 10^{-3} м^2 . Коэффициент теплопроводности $\text{Дж}/\text{м} \cdot \text{град}$. Границные условия: левый конец стержня имеет постоянную температуру $T_1=100^\circ\text{C}$. На правом торце теплоотвод $q=10^4 \text{ Дж}/\text{с} \cdot \text{м}^2$, боковая поверхность теплоизолирована.

Практическая работа № 2. Моделирование в ANSYS деформированного состояния рамы: геометрическое моделирование в ANSYS Workbench. Запустите ANSYS Workbench, создайте новый блок прочностного анализа Static Structural. Запустите Design modeler. В любой из координатных плоскостей создайте новый эскиз. С помощью

инструментов группы Draw нарисуйте в нем произвольный замкнутый контур, задайте все размерные параметры. Создайте новую плоскость, смещенную вдоль одной оси на 50 мм и повернутую относительно оси X на 45°.

Практическая работа № 3. Проведение стационарного теплового анализа для пластины с отверстиями. Моделирование температурных изменений электрических свойств твердых тел: Создайте новый материал. Задайте ему упругие свойства (модуль Юнга. Коэффициент Пуассона). Создайте любую геометрическую модель и запустите модуль симуляции. Создайте пирамиду по произвольным параметрам. Сгенерируйте тетраэдральную сетку на этом объекте.

Таблица 4. Критерии оценивания практических заданий (№1,2)

Результат	Критерий оценивания
5	Задания выполнены в полном объеме. Представлен письменный ответ Выявлены знания компетентности в рамках задания.
4	Задания выполнены частично. Представлен письменный ответ Выявлены частичные знания компетентности в рамках задания.
0	Задания не выполнены. Не представлен письменный ответ Знания компетентности в рамках задания не выявлены.

Таблица 4.1. Критерии оценивания практических заданий (№ 3)

Результат	Критерий оценивания
4	Задания выполнены в полном объеме. Представлен письменный ответ Выявлены знания компетентности в рамках задания.
2	Задания выполнены частично. Представлен письменный ответ Выявлены частичные знания компетентности в рамках задания.
0	Задания не выполнены. Не представлен письменный ответ Знания компетентности в рамках задания не выявлены.

Перечень лабораторных работ, методика выполнения и критерии оценивания по темам дисциплины:

Лабораторная работа № 1

Изучение основных принципов: ознакомление с этапами компьютерного моделирования, начиная с постановки задачи и заканчивая анализом результатов.

1. Цель работы

Главная цель: Освоить базовые принципы и этапы компьютерного моделирования, сформировать целостное представление о процессе моделирования — от формулировки задачи до интерпретации результатов.

Конкретные задачи:

1. Понять структуру процесса компьютерного моделирования.
2. Освоить методы формализации задачи и построения математической модели.
3. Изучить основы численных методов и их реализацию в программной среде.

4. Научиться проводить верификацию и валидацию модели.
5. Освоить методы анализа и визуализации результатов моделирования.

2. Ход работы

Этап 1. Постановка задачи

- Выбрать объект или процесс для моделирования (например, движение тела, распространение тепла, химическая реакция).

- Четко сформулировать цели моделирования.

- Определить входные и выходные параметры модели.

- Выделить упрощения и допущения.

Этап 2. Разработка математической модели

- Описать процесс с использованием уравнений (дифференциальных, алгебраических, вероятностных).

- Определить начальные и граничные условия.

- Выбрать метод решения (аналитический или численный).

Этап 3. Программная реализация

- Выбрать среду программирования (Python, MATLAB, специализированное ПО).

- Разработать алгоритм решения.

- Написать программу, реализующую математическую модель.

- Организовать ввод исходных данных и вывод результатов.

Этап 4. Верификация и валидация

- Проверить корректность программной реализации (верификация).

- Сравнить результаты моделирования с известными данными или экспериментами (валидация).

- Оценить устойчивость решения.

Этап 5. Проведение расчетов и анализ результатов

- Выполнить серию расчетов с различными параметрами.

- Провести анализ чувствительности модели.

- Визуализировать результаты (графики, диаграммы, анимации).

- Сформулировать выводы о поведении системы.

3. Отчетность

Отчет должен содержать:

1. Титульный лист

2. Цель работы

3. Описание задачи:

- Объект моделирования
- Цели и задачи исследования
- Упрощения и допущения

4. Математическая модель:

- Уравнения и соотношения
- Начальные и граничные условия
- Обоснование выбора методов решения

5. Программная реализация:

- Описание алгоритма
- Используемые инструменты
- Код программы (в приложении)

6. Результаты и анализ:

- Результаты верификации и валидации
- Графики и диаграммы, иллюстрирующие поведение системы
- Анализ влияния параметров на результаты
- Оценка адекватности модели

7. Выводы:

- О достижении целей работы
- О качестве и возможностях модели
- Ограничения модели и пути ее улучшения
- О практической значимости результатов

Лабораторная работа № 2

Разработка моделей: создание концептуальных и математических моделей, а также алгоритмов для решения задач, связанных с процессами в твердых телах.

1. Цель работы

Главная цель: Освоить методы разработки концептуальных, математических и алгоритмических моделей для описания и исследования физических процессов в твердых телах.

Конкретные задачи:

1. Сформулировать концептуальную модель процесса в твердом теле.
2. Разработать математическую модель на основе законов физики.
3. Построить вычислительный алгоритм для решения поставленной задачи.
4. Провести анализ адекватности и устойчивости модели.
5. Исследовать влияние параметров модели на результаты расчётов.

2. Ход работы

Этап 1. Выбор и описание физического процесса

- Выбрать процесс для моделирования (теплопроводность, деформация, диффузия и т.д.).

- Описать физическую природу процесса и его значение.
- Определить ключевые факторы, влияющие на процесс.

Этап 2. Разработка концептуальной модели

- Сформулировать упрощения и допущения.
- Определить основные переменные и параметры модели.
- Установить границы применимости модели.

Этап 3. Построение математической модели

- Записать уравнения, описывающие процесс (например, уравнение теплопроводности, закон Гука, уравнения диффузии).
- Определить начальные и граничные условия.

- Выбрать безразмерные параметры (при необходимости).

Этап 4. Разработка алгоритма решения

- Выбрать метод решения (конечных разностей, конечных элементов, Монте-Карло и др.).

- Разработать схему дискретизации уравнений.

- Определить шаги алгоритма и условия остановки расчёта.

Этап 5. Реализация и тестирование модели

- Написать программу, реализующую алгоритм.
- Провести тестовые расчёты для проверки корректности.

- Сравнить результаты с аналитическими решениями или литературными данными.

3. Отчетность

Отчет должен содержать:

1. Титульный лист

2. Цель работы

3. Описание физического процесса:

- Выбранный процесс и его актуальность
- Основные факторы, влияющие на процесс

4. Концептуальная модель:
 - Упрощения и допущения
 - Переменные и параметры модели
5. Математическая модель:
 - Уравнения и соотношения
 - Начальные и граничные условия
6. Алгоритм решения:
 - Описание выбранного метода
 - Схема дискретизации
 - Блок-схема алгоритма
7. Результаты и анализ:
 - Примеры расчётов
 - Анализ устойчивости и сходимости
 - Сравнение с известными данными
 - Исследование влияния параметров
8. Выводы:
 - О корректности разработанной модели
 - Ограничения модели и пути её улучшения
 - О возможностях практического применения

Примеры моделей для реализации:

- Стационарная и нестационарная теплопроводность в стержне
- Упругая деформация балки под нагрузкой
- Диффузия примеси в пластине
- Распределение напряжений в конструкции

Лабораторная работа № 3

Использование ПО: работа с системами компьютерного моделирования и другим программным обеспечением для создания цифровых моделей объектов и систем.

1. Цель работы

Главная цель: Освоить работу с программным обеспечением для компьютерного моделирования, научиться создавать цифровые модели объектов и систем, проводить их анализ и визуализацию.

Конкретные задачи:

1. Изучить интерфейс и основные возможности выбранного ПО для моделирования.
2. Освоить методы создания и редактирования геометрических моделей.
3. Научиться задавать свойства материалов и граничные условия.
4. Провести расчеты и проанализировать полученные результаты.
5. Освоить методы визуализации и представления данных.

2. Ход работы

Этап 1. Знакомство с программным обеспечением

- Изучить интерфейс выбранного ПО (например, COMSOL, ANSYS, SolidWorks Simulation).
- Освоить основные панели инструментов и меню.
- Изучить структуру проекта и организацию данных.

Этап 2. Создание геометрической модели

- Построить простейшую геометрию (брюс, пластина, цилиндр).
- Освоить операции выдавливания, вращения, вырезания.
- Создать сборку из нескольких деталей (при необходимости).

Этап 3. Настройка физических параметров

- Выбрать тип решаемой задачи (механика, теплоперенос, электродинамика).

- Задать свойства материалов (плотность, модуль упругости, теплопроводность и т.д.).
 - Определить граничные условия и нагрузки.
- Этап 4. Настройка сетки и решение
- Выбрать тип и размер элементов сетки.
 - Настроить параметры решателя.
 - Запустить расчет и проконтролировать его выполнение.
- Этап 5. Анализ результатов
- Построить распределения полей (напряжений, температур, потенциалов).
 - Создать графики зависимостей параметров.
 - Провести количественный анализ результатов.
 - Сформировать отчет о расчете.

3. Отчетность

Отчет должен содержать:

1. Титульный лист
2. Цель работы
3. Описание программного обеспечения:
 - Название и версия ПО
 - Основные возможности и области применения
4. Описание модели:
 - Геометрические параметры объекта
 - Свойства материалов
 - Граничные условия и нагрузки
5. Процесс расчета:
 - Параметры сетки
 - Настройки решателя
 - Время расчета
6. Результаты и анализ:
 - Поля распределения исследуемых величин
 - Графики и диаграммы
 - Количественные результаты
 - Сравнение с теоретическими расчетами
7. Выводы:
 - О возможностях использованного ПО
 - О корректности полученных результатов
 - О преимуществах и ограничениях метода
 - О перспективах применения

Примеры задач для моделирования:

- Распределение температур в пластине с источником тепла
- Распределение напряжений в консольной балке
- Распределение электрического поля в конденсаторе
- Прочностной анализ простейшей конструкции

Лабораторная работа № 4

Проведение экспериментов: проведение имитационных экспериментов на компьютерной модели для получения количественных и качественных результатов.

1. Цель работы

Главная цель: Освоить методику планирования и проведения имитационных экспериментов на компьютерной модели, научиться анализировать количественные и качественные результаты моделирования.

Конкретные задачи:

1. Разработать план имитационных экспериментов.
2. Освоить методы варьирования параметров модели.
3. Провести серию расчетов с различными исходными данными.
4. Выполнить статистическую обработку результатов.
5. Сформулировать выводы на основе анализа данных.

2. Ход работы

Этап 1. Подготовка модели

- Выбрать или создать компьютерную модель для исследований.
- Определить варьируемые параметры и их диапазоны изменений.
- Установить фиксированные параметры модели.
- Настроить систему сбора и сохранения результатов.

Этап 2. Планирование экспериментов

- Разработать матрицу экспериментов.
- Определить последовательность проведения расчетов.
- Установить критерии оценки результатов.
- Подготовить шаблоны для записи данных.

Этап 3. Проведение расчетов

- Выполнить базовый расчет с исходными параметрами.
- Провести серию расчетов с варьированием отдельных параметров.
- Выполнить многопараметрические исследования.
- Зафиксировать все полученные результаты.

Этап 4. Анализ результатов

- Провести качественный анализ поведения системы.
- Выполнить количественную обработку данных.
- Построить графики зависимостей выходных параметров от входных.
- Провести статистический анализ результатов.

3. Отчетность

Отчет должен содержать:

1. Титульный лист
2. Цель работы
3. Описание модели:
 - Математическая основа модели
 - Варьируемые и фиксированные параметры
 - Критерии оценки результатов
4. План экспериментов:
 - Матрица планирования
 - Обоснование выбора параметров
 - Методика проведения расчетов
5. Результаты экспериментов:
 - Таблицы с исходными данными и результатами
 - Графики и диаграммы зависимостей
 - Статистические показатели
6. Анализ результатов:
 - Качественный анализ поведения системы
 - Количественные закономерности
 - Анализ чувствительности модели
 - Выявление оптимальных параметров
7. Выводы:
 - О поведении системы в различных условиях
 - О практической значимости полученных результатов

- О достоверности и точности модели
- О перспективах дальнейших исследований

Примеры имитационных экспериментов:

- Исследование влияния геометрических параметров на прочность конструкции
- Анализ зависимости тепловых потоков от свойств материалов
- Исследование динамики системы при различных начальных условиях
- Оптимизация параметров технологического процесса

Лабораторная работа № 5

Анализ и оптимизация: интерпретация результатов моделирования для выявления свойств системы, оптимизации процессов и улучшения научного понимания

1. Цель работы

Главная цель: Научиться проводить комплексный анализ результатов компьютерного моделирования, выявлять ключевые свойства системы и использовать полученные данные для оптимизации процессов и углубления научных знаний.

Конкретные задачи:

1. Освоить методы анализа многомерных данных моделирования.
2. Научиться выявлять закономерности и аномалии в результатах.
3. Освоить базовые методы оптимизации параметров системы.
4. Разработать рекомендации по улучшению характеристик системы.
5. Сформулировать научные выводы на основе анализа данных.

2. Ход работы

Этап 1. Подготовка данных

- Собрать результаты предыдущих экспериментов.
- Провести предобработку данных (нормализация, фильтрация).
- Сформировать единую базу данных для анализа.
- Выделить ключевые показатели для исследования.

Этап 2. Статистический анализ

- Рассчитать основные статистические показатели.
- Провести корреляционный анализ параметров.
- Выполнить регрессионный анализ зависимостей.
- Построить доверительные интервалы для ключевых параметров.

Этап 3. Анализ чувствительности

- Определить наиболее влиятельные параметры системы.
- Построить диаграммы важности факторов.
- Выявить критические точки системы.
- Проанализировать устойчивость системы к изменениям параметров.

Этап 4. Оптимизация параметров

- Сформулировать целевую функцию оптимизации.
- Определить ограничения и условия.
- Провести поиск оптимальных параметров.
- Оценить эффективность оптимизации.

Этап 5. Интерпретация результатов

- Сформулировать выводы о свойствах системы.
- Разработать рекомендации по улучшению характеристик.
- Оценить практическую значимость полученных результатов.
- Определить направления дальнейших исследований.

3. Отчетность

Отчет должен содержать:

1. Титульный лист

2. Цель работы
3. Методы анализа:
 - Использованные статистические методы
 - Методы оптимизации
 - Критерии оценки эффективности
4. Результаты анализа:
 - Статистические показатели
 - Результаты корреляционного анализа
 - Диаграммы важности параметров
5. Результаты оптимизации:
 - Целевая функция и ограничения
 - Найденные оптимальные параметры
 - Сравнение характеристик до и после оптимизации
6. Научные выводы:
 - Выявленные закономерности
 - Критические параметры системы
 - Рекомендации по улучшению системы
 - Оценка достоверности результатов
7. Заключение:
 - Достижение целей работы
 - Практическая значимость результатов
 - Перспективы дальнейших исследований

Примеры задач анализа и оптимизации:

- Оптимизация геометрических параметров конструкции по критерию прочности
- Анализ тепловых режимов работы устройства и оптимизация теплоотвода
- Исследование динамических характеристик механической системы
- Оптимизация технологических параметров процесса

Таблица 4.2. Критерии оценивания лабораторных заданий

Результат	Критерий оценивания
4	Задания выполнены в полном объеме. Представлен письменный ответ Выявлены знания компетентности в рамках задания.
2	Задания выполнены частично. Представлен письменный ответ Выявлены частичные знания компетентности в рамках задания.
0	Задания не выполнены. Не представлен письменный ответ Знания компетентности в рамках задания не выявлены.

Таблица 4.2. Критерии оценивания заданий из вариативной части

2.1	Реферат «Компьютерное моделирование процессов в твердых телах»	1	5
2.2	Участие в НИРС	10	25
2.3	Участник клуба МиФ	1	10
2.4	Участие в олимпиаде (физика, математика)	5	10
2.4.1	участие	5	5
2.4.2	призер	10	10

2.5	Публикация в индексируемом журнале (совместно с преподавателем)	10	10
2.6	Акселерационная программа/ проект Росмолодежи	20	40
2.6.1	участие	20	20
2.6.2	грант	40	40
	Промежуточная аттестация по дисциплине	0	30
	Итого баллов по вариативной части	40	60
	Итого баллов по дисциплине		100

5. Содержание оценочных средств промежуточной аттестации. Критерии оценивания

Форма промежуточной аттестации по дисциплине – экзамен

Форма проведения экзамена: устный ответ на два вопроса в билете

Перечень вопросов и критерии оценивания ответов на вопросы в билете по темам дисциплины.

Перечень вопросов для подготовки к экзамену:

Компетенции: ОПК-2

1. Понятие модели и моделирования. Классификация моделей и моделирования.
2. Этапы и цели компьютерного моделирования.
3. Метод конечных элементов.
4. Типы конечных элементов, используемых в пакете ANSYS.
5. Матрица жесткости и разрешающее уравнение МКЭ для статического деформирования.

Компетенции: ОПК-3

1. Матрицы МКЭ для задачи теплопроводности
2. Основы работы в ANSYS Workbench. Основные этапы проведения инженерного анализа.
3. Графический интерфейс ANSYS Workbench.
4. Работа с проектом в ANSYS Workbench.
5. Графический интерфейс модуля Design Modeler.

Компетенции: ОПК-4

1. Процесс создания геометрической модели в модуле Design Modeler.
2. Создание объемных моделей в модуле Design Modeler.
3. Параметризация геометрической модели в ANSYS Workbench.
4. Управление материалами и их свойствами в ANSYS Workbench.
5. Генерация конечно-элементной сетки в ANSYS Workbench.

Компетенции: ПК-1

1. Виды нагрузок и особенности их работы в ANSYS Workbench.
2. Границные условия в ANSYS Workbench.
3. Управление материалами и их свойствами в ANSYS .
4. Параметры и опции решателя в ANSYS Workbench.
5. Модельные представления о механизме проводимости собственных полупроводников.
6. Модельные представления о механизме проводимости примесных полупроводников.

7. Моделирование влияния температуры на электрические характеристики полупроводников.

Таблица 5. Критерии оценивания промежуточной аттестации в форме экзамена

Критерии оценивания	Баллы
Обучающийся ответил на два вопроса в билете. Продемонстрировал знания по формируемым компетенциям в полном объеме (приводились доводы и объяснения). Знания освоения компетенций выявлены.	30
Обучающийся ответил частично на два вопроса в билете. Продемонстрировал знания по формируемым компетенциям частично. Постиг смысл изучаемого материала (может высказать вербально, чётко и ясно, или конструировать новый смысл, новую позицию). Знания освоения компетенций выявлены частично.	15
Обучающийся не ответил на вопросы в билете. Не может согласовать свою позицию или действия относительно обсуждаемой тематики. Знания освоения компетенций не выявлены.	0

Тестовые задания

Компетенция ОПК-2, ОПК-3, ОПК-4

Задание 1. Выберите правильный вариант ответа.

Какие инструменты используют ученые для анализа данных?

1. Табулирование, графическую интерпретацию
2. Визуализацию
3. Статистический анализ
4. Все вышеперечисленное

Ответ: _____

Задание 2. Выберите правильный вариант ответа.

Что является результатом процесса формализации?

1. Описательная модель;
2. Графическая модель;
3. Математическая модель;
4. Предметная модель

Ответ: _____

Задание 3. Выберите правильный вариант ответа.

Что является отличительным признаком научного исследования?

1. Целенаправленность, систематичность
2. Поиск нового
3. Строгая доказательность
4. Все перечисленные признаки

Ответ: _____

Задание 4. Выберите правильный вариант ответа.

В чем заключается Метод Монте-Карло?

1. Анализ систем на основе алгоритмов, разработанных в Монте-Карло
2. Математический способ изучения данных

3. Математический метод, который прогнозирует возможные исходы неопределенного события

4. Построение корреляционных матриц совокупности случайных величин.

Ответ: _____

Задание 5. Выберите правильный вариант ответа.

Что такое численные методы?

1. Методы точного решения физических задач

2. Приближенные методы решения задач алгебры, анализа, дифференциальных уравнений и их приложений в задачах механики и математической физики;

3. Методы анализа временных рядов

4. Методы анализа состава вещества

Ответ: _____

Задание 6. Выберите правильный вариант ответа.

Как называется совокупность общенаучных методологических принципов (требований), в основе которых лежит рассмотрение объектов как систем?

1. синтез

2. системный подход

3. метод индукции

4. метод дедукции

Ответ: _____

Задание 7. Выберите правильный вариант ответа.

При чтении литературы исследователь часто прибегает к выпискам, способствующим систематическому накапливанию нужных сведений. В выписках находят отражение:

1. Отдельные мысли

2. Статистические данные

3. Примеры

4. Все перечисленное

Ответ: _____

Задание 8. Выберите правильный вариант ответа.

К общелогическим методам и приемам познания НЕ относится:

1. Анализ

2. Синтез

3. Абстрагирование

4. Эксперимент

Ответ: _____

Задание 9. Выберите правильный вариант ответа.

Расположите в правильном порядке элементы структуры реферата.

1. Титульный лист

2. Список литературы

3. введение

4. оглавление

5. основное содержание

6. заключение

Запишите соответствующую последовательность цифр слева направо

--	--	--	--	--	--	--

Ответ: _____

Задание 10. Соотнесите методы измерений и способы проведения измерений

Методы	Способы проведения
А.Методы отклонений	<ul style="list-style-type: none">1.Измеряется вся величина
Б. Нулевой метод	<ul style="list-style-type: none">2.Регистрируется не сама величина, а факт отсутствия сигнала. Производится полная компенсация измеряемой величины путем приложения внешнего воздействия.
В. Разностный метод	<ul style="list-style-type: none">3.Измеряется отклонение величины от какого-либо стандарта

Запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами

A	B	V

Ответ: _____

Задание 11. Соотнесите методы научного познания и их суть.

Методы	Суть метода
А. Синтез	<ul style="list-style-type: none">1. Метод научного познания, основанный на изучении каких-либо объектов посредством их моделей
Б. Моделирование	<ul style="list-style-type: none">2. Метод научного познания, который заключается в переходе от некоторых общих посылок к частным результатам-следствиям
В. Дедукция	<ul style="list-style-type: none">3. Метод научного познания, в основу которого положена процедура соединения различных элементов предмета в единое целое, систему, без чего невозможно действительно научное познание этого предмета

Запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами

A	B	V
---	---	---

--	--	--

Задание 12. Соотнесите методы измерений и способы проведения измерений.

Методы	Способы проведения
А. Методы отклонений	• 1. Измеряется вся величина
Б. Нулевой метод	• 2. Регистрируется не сама величина, а факт отсутствия сигнала. Производится полная компенсация измеряемой величины путем приложения внешнего воздействия.
В. Разностный метод	• 3. Измеряется отклонение величины от какого-либо стандарта

Запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами

A	Б	В

Задание 13. Соотнесите методы и суть метода.

Методы	Суть метода
А. Метод конечных элементов	• 1. Приближенное решение дифференциальных уравнений
Б. Молекулярной динамики	• 2. Моделирование поведения атомов и молекул
В. Монте-Карло	• 3. Статистическое моделирование случайных процессов

Запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами

A	Б	В

Задание 14. Прочтайте и дайте правильный ответ.

Как изменится резонансная частота колебательной системы с малым коэффициентом затухания, при уменьшении собственной частоты этой системы в 2 раза?

Ответ: _____

Задание 15. Прочтайте и дайте правильный ответ.

Основной метод численного анализа, применяемый для изучения деформации напряжения в твердых телах.

Ответ: _____

Задание 16. Прочтайте и дайте правильный ответ.

Как изменится максимальная кинетическая энергия материальной точки, совершающей гармонические колебания, при увеличении амплитуды колебаний этой точки в 2 раза?

Ответ: _____

Задание 17. Прочтайте и дайте правильный ответ.

В структуре общенациональных методов и приемов выделяют три уровня. Что из перечисленного к ним НЕ относится?

1. Наблюдение
2. Эксперимент
3. Сравнение
4. Формализация

Ответ: _____

Задание 18. Прочтите и дайте правильный ответ.

Какой из методов теоретического исследования является основным в естествознании?

Ответ: _____

Задание 19. Прочтите и дайте правильный ответ.

Наиболее распространенный способ визуализации результатов моделирования напряженно-деформированного состояния конструкции?

Ответ: _____

Задание 20. Прочтите и дайте правильный ответ.

Основной метод численного анализа, применяемый для изучения деформации и напряжения в твердых телах?

Ответ: _____

Компетенция ПК-1.

Вопрос 1

После проведения стационарного теплового анализа пластины с отверстиями в ANSYS Workbench вы получили поля температур и тепловых потоков. Какой план анализа результатов будет наиболее эффективным для проверки достоверности и интерпретации данных?

Варианты ответов:

1. Построить контурные карты распределения температуры, определить минимальное и максимальное значения и сверить их с температурой окружающей среды, указанной в граничных условиях.
2. Провести анализ сходимости сетки, построить график температуры вдоль линии, проходящей через зоны концентрации напряжений, и сравнить тепловые потоки на границах с аналитическим решением для упрощенной модели.
3. Экспортировать все поля в текстовый формат, статистически обработать данные, построить гистограммы распределения температур и выполнить регрессионный анализ для поиска скрытых зависимостей.
4. Визуализировать распределение теплового потока, проверить баланс энергий в системе, определить критические зоны перегрева и сравнить максимальную температуру с предельной для материала.

Правильный ответ: 4

Вопрос 2

Вам необходимо разработать план моделирования деформированного состояния стальной

рамы под нагрузкой в ANSYS Workbench. Какой из предложенных планов является наиболее корректным и полным?

Варианты ответов:

1. Импортировать геометрию из CAD-системы, назначить сталь из библиотеки материалов, приложить эксплуатационные нагрузки, запустить расчет и проанализировать полученные поля напряжений.
2. Построить параметрическую геометрию рамы, провести серию расчетов с различной толщиной элементов, выбрать оптимальный вариант по критерию минимальной массы при условии обеспечения прочности.
3. Создать упрощенную геометрическую модель, задать граничные условия, соответствующие реальным закреплениям, провести расчет с двумя типами сеток для оценки сходимости, проанализировать поля эквивалентных напряжений.
4. Выполнить моделирование с использованием нелинейного решателя, учесть пластические свойства материала, получить кривую нагружения и определить запас прочности по отношению к пределу текучести.

Правильный ответ: 3

Вопрос 3

При моделировании в ANSYS Workbench решение не сходится или показывает аномально высокие деформации. Какую последовательность действий вы выберете для диагностики проблемы?

Варианты ответов:

1. Увеличить количество элементов сетки, изменить тип элементов на более высокого порядка, проверить условие сходимости по энергии и невязкам.
2. Упростить геометрию модели, уменьшить величину приложенных нагрузок, использовать более простую модель материала и поэтапно усложнять расчет.
- 3) Проверить систему единиц измерения, проанализировать граничные условия на предмет кинематической подвижности, оценить качество сетки в зонах высоких градиентов.
3. Включить автоматический выбор шага по времени, активировать опцию больших деформаций, задать большее количество субшагов и использовать устойчивые солверы.

Правильный ответ: 3

Вопрос 4

В рамках учебного проекта вам поручено смоделировать влияние температуры на электрические характеристики полупроводникового материала. Как вы организуете план исследования, чтобы эффективно проанализировать получаемые данные?

Варианты ответов:

1. Провести серию расчетов для разных температур, построить обобщающую таблицу результатов и визуализировать зависимости ключевых параметров от температуры с помощью стандартных средств ANSYS.
2. Настроить параметрическую модель, автоматизирующую расчеты для заданного диапазона температур, а затем провести регрессионный анализ полученных данных для построения эмпирической модели поведения материала.
3. Выполнить детальный расчет для одной эталонной температуры, тщательно проанализировать распределение электрического потенциала и плотности тока, а для других температур использовать методы подобия.
4. Сфокусироваться на калибровке математической модели материала, сравнивая результаты одного-двух расчетов с экспериментальными данными, и затем экстраполировать поведение на другие температуры.

Правильный ответ: 2

