

**Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»**

Направление подготовки/специальность: 14.03.01 Ядерная энергетика и теплофизика

Наименование образовательной программы: Нанотехнологии и наноматериалы в энергетике

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Очная

**Оценочные материалы
по дисциплине
Компьютерное моделирование процессов нанотехнологии**

**Москва
2024**

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Разработчик

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Волков Ю.А.
	Идентификатор	R23e9797a-VolkovYurA-41f285d8

Ю.А. Волков

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной
программы

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Макаров П.Г.
	Идентификатор	R9a51899a-MakarovPG-4f257daf

П.Г.
Макаров

Заведующий
выпускающей кафедрой

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Пузина Ю.Ю.
	Идентификатор	Re86e9a56-Puzina-4d2acad1

Ю.Ю.
Пузина

ОБЩАЯ ЧАСТЬ

Оценочные материалы по дисциплине предназначены для оценки достижения обучающимися запланированных результатов обучения по дисциплине, этапа формирования запланированных компетенций и уровня освоения дисциплины.

Оценочные материалы по дисциплине включают оценочные средства для проведения мероприятий текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации.

Формируемые у обучающегося компетенции:

1. ПК-3 Способен к разработке наноразмерных материалов и устройств
ИД-3 Имеет навыки расчета теплофизических процессов в современных низкоразмерных устройствах, навыки компьютерного моделирования этих процессов

и включает:

для текущего контроля успеваемости:

Форма реализации: Письменная работа

1. Динамика упругих элементов в микро-электромеханической системе в двумерной постановке (Контрольная работа)
2. Итерационные методы для расчета статических прогибов упругих элементов (Контрольная работа)
3. Понятие об итерационных методах решения уравнений динамики микро-электромеханических систем (Контрольная работа)
4. Реализации двумерного сеточного преобразования Фурье в виде функции (Контрольная работа)
5. Сильно деформированные упругие элементы и уравнения Феппля (Контрольная работа)
6. Собственные векторы и собственные значения конечно-разностной задачи Штурма-Лиувилля (Контрольная работа)
7. Собственные моды и собственные частоты колебаний. Представление решения в виде ряда по собственным модам (Контрольная работа)
8. Уравнения равновесия изотропного тела. Температурное расширение тел и деформации с изменением температуры (Контрольная работа)

БРС дисциплины

7 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

- КМ-1 Уравнения равновесия изотропного тела. Температурное расширение тел и деформации с изменением температуры (Контрольная работа)
- КМ-2 Собственные моды и собственные частоты колебаний. Представление решения в виде ряда по собственным модам (Контрольная работа)
- КМ-3 Собственные векторы и собственные значения конечно-разностной задачи Штурма-Лиувилля (Контрольная работа)
- КМ-4 Понятие об итерационных методах решения уравнений динамики микро-электромеханических систем (Контрольная работа)

Вид промежуточной аттестации – Экзамен.

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %				
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
	Срок КМ:	4	8	12	16
Основные понятия теории упругости					
Теория упругости	+	+			
Уравнения, описывающие состояние деформированных тел	+	+			
Упругие свойства кристаллов					
Свободная энергия деформированного кристалла			+	+	
Уравнения движения для смещений			+	+	
Динамика упругих элементов					
Уравнение малых колебаний мембраны	+	+			
Вынужденные колебания мембраны	+	+			
Колебания и прогибы тонких пластин					
Жесткость пластины на изгиб			+	+	
Консольные балки как кантилеверы атомно-силовых микроскопов			+	+	
Численные методы решения уравнения малого прогиба мембраны					
Конечно-разностная задача Штурма-Лиувилля для оператора Лапласа	+	+			
Одномерные математические модели микро-электромеханических систем					
Микро-электромеханические системы с управлением электрическим полем			+	+	
Вес КМ:	20	20	30	30	

8 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

- КМ-5 Реализации двумерного сеточного преобразования Фурье в виде функции (Контрольная работа)
- КМ-6 Итерационные методы для расчета статических прогибов упругих элементов (Контрольная работа)
- КМ-7 Динамика упругих элементов в микро-электромеханической системе в двумерной постановке (Контрольная работа)
- КМ-8 Сильно деформированные упругие элементы и уравнения Феппля (Контрольная работа)

Вид промежуточной аттестации – Зачет с оценкой.

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %				
	Индекс КМ:	КМ-5	КМ-6	КМ-7	КМ-8
	Срок КМ:	4	8	12	16
Задача Штурма-Лиувилля в двумерной постановке					
Разделение переменных для двумерного оператора Лапласа	+	+			
Собственные функции и собственные значения и их связь с сеточным преобразованием Фурье в двух измерениях	+	+			
Модели микро-электромеханических систем					
Понятие об итерационных методах решения нелинейных уравнений	+	+			
Бигармоническое уравнение равновесия	+	+			
Большие прогибы упругих элементов					
Анализ критериев малости прогиба			+	+	
	Вес КМ:	20	20	30	30

СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ

I. Оценочные средства для оценки запланированных результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Индекс компетенции	Индикатор	Запланированные результаты обучения по дисциплине	Контрольная точка
ПК-3	ИД-3ПК-3 Имеет навыки расчета теплофизических процессов в современных низкоразмерных устройствах, навыки компьютерного моделирования этих процессов	<p>Знать:</p> <p>основные физические величины и уравнения, возникающие при описании тел в деформированном состоянии</p> <p>численные методы для моделирования процессов в микро- и нано-электромеханических устройствах</p> <p>Уметь:</p> <p>самостоятельно разбираться в методах математического моделирования работы микро-электромеханических устройств</p> <p>работать на современных языках программирования высокого уровня</p>	<p>КМ-1 Уравнения равновесия изотропного тела. Температурное расширение тел и деформации с изменением температуры (Контрольная работа)</p> <p>КМ-2 Собственные моды и собственные частоты колебаний. Представление решения в виде ряда по собственным модам (Контрольная работа)</p> <p>КМ-3 Собственные векторы и собственные значения конечно-разностной задачи Штурма-Лиувилля (Контрольная работа)</p> <p>КМ-4 Понятие об итерационных методах решения уравнений динамики микро-электромеханических систем (Контрольная работа)</p> <p>КМ-5 Реализации двумерного сеточного преобразования Фурье в виде функции (Контрольная работа)</p> <p>КМ-6 Итерационные методы для расчета статических прогибов упругих элементов (Контрольная работа)</p> <p>КМ-7 Динамика упругих элементов в микро-электромеханической системе в двумерной постановке (Контрольная работа)</p> <p>КМ-8 Сильно деформированные упругие элементы и уравнения Фешля (Контрольная работа)</p>

II. Содержание оценочных средств. Шкала и критерии оценивания

7 семестр

КМ-1. Уравнения равновесия изотропного тела. Температурное расширение тел и деформации с изменением температуры

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 20

Процедура проведения контрольного мероприятия: Студентам дается час на подготовку письменного ответа на поставленные задачи, вопросы.

Краткое содержание задания:

Дайте подробное описание следующих тем:

Контрольные вопросы/задания:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Знать: основные физические величины и уравнения, возникающие при описании тел в деформированном состоянии	1.Основные понятия теории упругости: смещение, деформация, напряжение 2.Закон Гука. Формулировка. Ограничения применимости 3.Модуль Юнга и коэффициент Пуассона как упругие характеристики материала 4.Гармоническое приближение энергии деформированного состояния 5.Соотношения Дюамеля-Неймана 6.Изотропное тело. Уравнения его равновесия 7.Влияние температуры на расширение и деформацию тел 8.Мембраны как пример упругих элементов. Уравнение малых их колебаний 9.Мембрана с закрепленным краем. Однородное волновое уравнение и его решение

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5 («отлично»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

Оценка: 4 («хорошо»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

Оценка: 3 («удовлетворительно»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

Оценка: 2 («неудовлетворительно»)

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено

КМ-2. Собственные моды и собственные частоты колебаний. Представление решения в виде ряда по собственным модам

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 20

Процедура проведения контрольного мероприятия: Студентам дается час на подготовку письменного ответа на поставленные задачи, вопросы.

Краткое содержание задания:

Дайте подробное описание следующих тем:

Контрольные вопросы/задания:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Знать: основные физические величины и уравнения, возникающие при описании тел в деформированном состоянии	<ol style="list-style-type: none">1. Собственные моды и собственные частоты колебаний упругих элементов2. Представление решения однородного волнового уравнения колебаний в виде ряда по собственным модам3. Вынужденные колебания мембраны. Резонанс4. Классификация численных методов решения уравнений малого прогиба мембраны5. Оператор Лапласа. Конечно-разностная задача Штурма-Лиувилля6. Конечно-разностная задача Штурма-Лиувилля. Собственные векторы и собственные значения7. Ортогональность сеточных собственных функций8. Представление решения уравнений малого прогиба мембраны в виде конечного ряда по сеточным собственным функциям задачи Штурма-Лиувилля

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5 («отлично»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

Оценка: 4 («хорошо»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

Оценка: 3 («удовлетворительно»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

Оценка: 2 («неудовлетворительно»)

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено

КМ-3. Собственные векторы и собственные значения конечно-разностной задачи Штурма-Лиувилля

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 30

Процедура проведения контрольного мероприятия: Студентам дается час на подготовку письменного ответа на поставленные задачи, вопросы.

Краткое содержание задания:

Дайте подробное описание следующих тем:

Контрольные вопросы/задания:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Уметь: самостоятельно разбираться в методах математического моделирования работы микро-электромеханических устройств	<ol style="list-style-type: none">1.Что такое свободная энергия деформированного кристалла? Как ее определить?2.Определение кубической решетки. Что в ней описывает тензор упругих модулей?3.Соотношения Дюамеля-Неймана для кристалла с кубической решеткой4.Смещения. Как записать уравнение движения для них?5.Сравните кристаллические тела с изотропными телами с точки зрения упругости. Критерий изотропности6.Как описать малый прогиб мембраны с помощью конечно-разностной задачи Штурма-Лиувилля?7.Как определить собственные векторы и собственные значения конечно-разностной задачи Штурма-Лиувилля? Ортогональность сеточных собственных функций8.Конечный ряд по собственным функциям решения задачи Штурма-Лиувилля

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5 («отлично»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

Оценка: 4 («хорошо»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

Оценка: 3 («удовлетворительно»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

Оценка: 2 («неудовлетворительно»)

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено

КМ-4. Понятие об итерационных методах решения уравнений динамики микро-электромеханических систем

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 30

Процедура проведения контрольного мероприятия: Студентам дается час на подготовку письменного ответа на поставленные задачи, вопросы.

Краткое содержание задания:

Дайте подробное описание следующих тем:

Контрольные вопросы/задания:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Уметь: самостоятельно разбираться в методах математического моделирования работы микро-электромеханических устройств	<ol style="list-style-type: none">1.Что такое жесткость пластины на изгиб? На что влияет данный параметр? Способы измерения и анализа2.Описание динамики пластин и консольных балок с помощью бигармонического уравнения3.Колебания и прогибы тонких пластин. Определение собственных частот колебаний пластин4.Особенности применения консольных балок в качестве кантилеверов атомно-силовых микроскопов5.Классификация микро-электромеханических систем с управлением электрическим полем. Основные свойства6.Определение давления поля в квазиплоском приближении7.Итерационные методы решения уравнений динамики микро-электромеханических систем8.Неконтролируемое схлопывание электродов при достижении критического напряжения как бифуркация решения нелинейного уравнения.

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
	Способы решения проблемы

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5 («отлично»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

Оценка: 4 («хорошо»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

Оценка: 3 («удовлетворительно»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

Оценка: 2 («неудовлетворительно»)

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено

8 семестр

КМ-5. Реализации двумерного сеточного преобразования Фурье в виде функции

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 20

Процедура проведения контрольного мероприятия: Студентам дается час на подготовку письменного ответа на поставленные задачи, вопросы.

Краткое содержание задания:

Дайте подробное описание следующих тем:

Контрольные вопросы/задания:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Знать: численные методы для моделирования процессов в микро- и нано-электромеханических устройствах	<ol style="list-style-type: none"> 1. Особенности двумерной постановки задачи Штурма-Луивилля 2. Разделение переменных для двумерного оператора Лапласа 3. Конечно-разностная задача Штурма-Луивилля для двумерного оператора Лапласа 4. Двумерное сеточное преобразование Фурье 5. Собственные функции и собственные значения применительно к сеточному преобразованию Фурье 6. Представление решения конечно-разностной задачи в виде сеточного ряда

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
	Фурье

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5 («отлично»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

Оценка: 4 («хорошо»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

Оценка: 3 («удовлетворительно»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

Оценка: 2 («неудовлетворительно»)

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено

КМ-6. Итерационные методы для расчета статических прогибов упругих элементов

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 20

Процедура проведения контрольного мероприятия: Студентам дается час на подготовку письменного ответа на поставленные задачи, вопросы.

Краткое содержание задания:

Дайте подробное описание следующих тем:

Контрольные вопросы/задания:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Знать: численные методы для моделирования процессов в микро- и нано-электромеханических устройствах	<ol style="list-style-type: none"> 1. Микро-электромеханические системы. Классификация, модели 2. Итерационные методы решения нелинейных уравнений прогибов 3. Стационарное положение упругого элемента. 4. «Вязкое» приближение для его вычисления 5. Бигармоническое уравнение равновесия упругих элементов

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5 («отлично»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

Оценка: 4 («хорошо»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

Оценка: 3 («удовлетворительно»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

Оценка: 2 («неудовлетворительно»)

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено

КМ-7. Динамика упругих элементов в микро-электромеханической системе в двумерной постановке

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 30

Процедура проведения контрольного мероприятия: Студентам дается час на подготовку письменного ответа на поставленные задачи, вопросы.

Краткое содержание задания:

Дайте подробное описание следующих тем:

Контрольные вопросы/задания:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Уметь: работать на современных языках программирования высокого уровня	1. Волны изгиба в двумерном упругом элементе 2. Бигармонический оператор волнового уравнения для описания волн изгиба в двумерном случае 3. Вычисление тензоров упругих модулей в двумерном случае 4. Динамика мембраны, выполненной из графена. Модели, особенности расчетов 5. Вычисление Гауссовой кривизны через тензоры

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5 («отлично»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

Оценка: 4 («хорошо»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

Оценка: 3 («удовлетворительно»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

Оценка: 2 («неудовлетворительно»)

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено

КМ-8. Сильно деформированные упругие элементы и уравнения Феппла

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 30

Процедура проведения контрольного мероприятия: Студентам дается час на подготовку письменного ответа на поставленные задачи, вопросы.

Краткое содержание задания:

Дайте подробное описание следующих тем:

Контрольные вопросы/задания:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Уметь: работать на современных языках программирования высокого уровня	1. Особенности измерений и описания больших прогибов упругих элементов 2. Малость прогиба. Критерии, анализ 3. Классификация материалов по степени малости прогиба 4. Большой прогиб. Однослойный графен 5. Гауссова кривизна поверхности. Напряжения в упругом элементе в случае больших прогибов 6. Описание сильно деформированных упругих элементов уравнениями Феппла

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5 («отлично»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

Оценка: 4 («хорошо»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто, выбрано верное направление для решения задач

Оценка: 3 («удовлетворительно»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

Оценка: 2 («неудовлетворительно»)

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено

СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

7 семестр

Форма промежуточной аттестации: Экзамен

Пример билета

1. Уравнение малых колебаний мембраны. Собственные моды и собственные частоты колебаний
2. Численные методы решения одномерного уравнения равновесия мембраны в электрическом поле

Процедура проведения

Студенты по очереди вытягивают билеты, расположенные на столе текстом вниз. Записывается номер билета и время начала подготовки ответа. Через определенное время (по умолчанию час) студенты с расписанными ответами подходят к преподавателю и начинают рассказывать билет своими словами

1. Перечень компетенций/индикаторов и контрольных вопросов проверки результатов освоения дисциплины

1. Компетенция/Индикатор: ИД-ЗПК-3 Имеет навыки расчета теплофизических процессов в современных низкоразмерных устройствах, навыки компьютерного моделирования этих процессов

Вопросы, задания

1. Уравнение малых колебаний мембраны. Собственные моды и собственные частоты колебаний
2. Вынужденные колебания. Явление резонанса
3. Нелинейные волны изгиба
4. Математические модели микроэлектромеханических устройств
5. Уравнение равновесия мембраны в электрическом поле
6. Явление неконтролируемого схлопывания электродов
7. Численные методы решения одномерного уравнения равновесия мембраны в электрическом поле
8. Численные методы решения двумерного уравнения равновесия мембраны в электрическом поле
9. Численные методы решения одномерного волнового уравнения динамики мембраны в МЭМС
10. Численные методы решения двумерного волнового уравнения динамики мембраны в МЭМС
11. Особенности разложения решения в ряд Фурье
12. Сеточная задача Штурма-Лиувилля
13. Сеточное преобразование Фурье
14. Собственные функции и собственные значения конечно-разностной задачи в прямоугольной области
15. Нелинейные волны изгиба

Материалы для проверки остаточных знаний

1. Модуль Юнга характеризует:
Ответы:

способность материала сопротивляться растяжению, сжатию при упругой деформации
способность материала сопротивляться изменению формы при сохранении его объема
способность объекта изменять свой объем под воздействием всестороннего нормального напряжения

Верный ответ: способность материала сопротивляться растяжению, сжатию при упругой деформации

2. Что является причиной возникновения температурных напряжений?

Ответы:

изменение температуры

ограниченность объема

комбинация обоих условий

Верный ответ: комбинация обоих условий

3. По своему физическому смыслу механическое напряжение является:

Ответы:

давлением

линейной деформацией

изменением объема

Верный ответ: давлением

4. Изотропное тело характеризуется тем, что:

Ответы:

физические свойства его неизменны во всех направлениях

физические свойства его в разных направлениях отличаются

Верный ответ: физические свойства его неизменны во всех направлениях

5. Собственная частота колебаний - это:

Ответы:

минимальная частота внешних приложенных колебаний, изменяющих состояние системы

число колебательных циклов, совершаемых динамической системой за секунду в процессе её свободных колебаний по одной из собственных форм

Верный ответ: число колебательных циклов, совершаемых динамической системой за секунду в процессе её свободных колебаний по одной из собственных форм

6. Примером вынужденных колебаний является:

Ответы:

колебания грузика на маятнике

раскачивание качелей

механические часы

все

Верный ответ: раскачивание качелей

7. Требование, предъявляемое к балкам:

Ответы:

жестко закреплена с двух сторон

ее длина сильно больше ширины и высоты

Верный ответ: ее длина сильно больше ширины и высоты

8. Как называются упругие консольные балки, применяемые в атомно-силовой микроскопии?

Ответы:

кантрелл

кантилевер

кантемир

Верный ответ: кантилевер

9. Оператор Штурма-Луивилля:

Ответы:

интегральный оператор первого порядка
дифференциальный оператор первого порядка
дифференциальный оператор второго порядка

Верный ответ: дифференциальный оператор второго порядка

10. Устройства МЭМС содержат:

Ответы:

микроэлектронные компоненты
микромеханические компоненты
микроэлектронные и микромеханические компоненты

Верный ответ: микроэлектронные и микромеханические компоненты

II. Описание шкалы оценивания

Оценка: 5 («отлично»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Работа выполнена в рамках "продвинутого" уровня. Ответы даны верно, четко сформулированные особенности практических решений

Оценка: 4 («хорошо»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Работа выполнена в рамках "базового" уровня. Большинство ответов даны верно. В части материала есть незначительные недостатки

Оценка: 3 («удовлетворительно»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Работа выполнена в рамках "порогового" уровня. Основная часть задания выполнена верно. на вопросы углубленного уровня

Оценка: 2 («неудовлетворительно»)

Описание характеристики выполнения знания: Работа не выполнена или выполнена преимущественно неправильно

III. Правила выставления итоговой оценки по курсу

Итоговая оценка по курсу выставляется на основе оценки за промежуточную аттестацию. Возможен случай, когда в силу значительно отличающейся текущей оценки может быть применен повышающий или понижающий коэффициент.

8 семестр

Форма промежуточной аттестации: Зачет с оценкой

Пример билета

1. Формулировка задачи Штурма-Лиувилля в двумерной постановке. Основные понятия, методика решения
2. Итерационные методы решения нелинейных уравнений применительно к моделированию работы МЭМС

Процедура проведения

Студенты по очереди вытягивают билеты, расположенные на столе текстом вниз. Записывается номер билета и время начала подготовки ответа. Через определенное время (по

умолчанию час) студенты с расписанными ответами подходят к преподавателю и начинают рассказывать билет своими словами

1. Перечень компетенций/индикаторов и контрольных вопросов проверки результатов освоения дисциплины

1. Компетенция/Индикатор: ИД-3_{ПК-3} Имеет навыки расчета теплофизических процессов в современных низкоразмерных устройствах, навыки компьютерного моделирования этих процессов

Вопросы, задания

1. Формулировка задачи Штурма-Лиувилля в двумерной постановке. Основные понятия, методика решения
2. Оператор Лапласа. Конечно-разностная задача Штурма-Лиувилля для двумерного оператора Лапласа
3. Собственные функции и собственные значения и их связь с сеточным преобразованием Фурье в двух измерениях
4. Сеточные ряды Фурье. Применение их для решения конечно-разностной задачи
5. Итерационные методы решения нелинейных уравнений применительно к моделированию работы МЭМС
6. Стационарное положение упругого элемента. «Вязкое» приближение для его вычисления
7. Волновое уравнение с бигармоническим оператором для описания волн изгиба в двумерном случае
8. Прогибы упругих элементов. Критерии малости прогиба
9. Гауссова кривизна поверхности и ее связь с напряжениями в упругом элементе в случае больших прогибов
10. Уравнения Феппля применительно к описанию сильно деформированных упругих элементов

Материалы для проверки остаточных знаний

1. В чем заключается нетривиальность решения уравнения?

Ответы:

наличие комплексной части

отличность от нуля

Верный ответ: отличность от нуля

2. Оператор Лапласа по своему смыслу:

Ответы:

дифференциальный

интегральный

Верный ответ: дифференциальный

3. Собственные вектора по отношению друг к другу:

Ответы:

коллинеарны

перпендикулярны

Верный ответ: коллинеарны

4. Стационарное положение системы характеризуется:

Ответы:

минимумом потенциальной энергии

максимумом потенциальной энергии

выделением тепла

Верный ответ: минимумом потенциальной энергии

5. Из производных какого порядка состоит бигармоническое уравнение?

- Ответы:
второго
четвертого
первого
Верный ответ: четвертого
6. По своему направлению волны изгиба являются:
Ответы:
поперечными
продольными
Верный ответ: поперечными
7. Основным технологическим процессом изготовления устройств МЭМС является:
Ответы:
фотолитография
электронная литография
оттиск
Верный ответ: фотолитография
8. Из скольких атомов углерода состоит элементарная ячейка графена?
Ответы:
из четырех
из восьми
из шести
Верный ответ: из шести
9. Носителями заряда в полупроводниках служат:
Ответы:
электроны и дырки
электронный газ
ионы
фотоны
Верный ответ: электроны и дырки
10. Как называется мера искривления поверхности в окрестности какой-либо её точки?
Ответы:
свертка тензора кривизны
метрический тензор
Гауссова кривизна
Верный ответ: Гауссова кривизна

II. Описание шкалы оценивания

Оценка: 5 («отлично»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Работа выполнена в рамках "продвинутого" уровня. Ответы даны верно, четко сформулированные особенности практических решений

Оценка: 4 («хорошо»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Работа выполнена в рамках "базового" уровня. Большинство ответов даны верно. В части материала есть незначительные недостатки

Оценка: 3 («удовлетворительно»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Работа выполнена в рамках "порогового" уровня. Основная часть задания выполнена верно. на вопросы углубленного уровня

Оценка: 2 («неудовлетворительно»)

Описание характеристики выполнения знания: Работа не выполнена или выполнена преимущественно неправильно

III. Правила выставления итоговой оценки по курсу

Итоговая оценка по курсу выставляется на основе оценки за промежуточную аттестацию. Возможен случай, когда в силу значительно отличающейся текущей оценки может быть применен повышающий или понижающий коэффициент.