

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

Направление подготовки/специальность: 11.04.04 Электроника и нанoeлектроника

Наименование образовательной программы: Полупроводниковые материалы и структуры

Уровень образования: высшее образование - магистратура

Форма обучения: Очная


**Оценочные материалы
по дисциплине
Активные диэлектрики**

**Москва
2023**

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Преподаватель

(должность)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Андреев В. Н.
	Идентификатор	R65784cde-AndreevVN-fa46003e

(подпись)


В.Н. Андреев

(расшифровка
подписи)

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной
программы

(должность, ученая степень,
ученое звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Холодный Д.С.
	Идентификатор	R0bac9dac-KholodnyDS-6393810f


(подпись)

Д.С.
Холодный

(расшифровка
подписи)

Заведующий
выпускающей кафедры

(должность, ученая степень,
ученое звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Славинский А.З.
	Идентификатор	R99b3b9ab-SlavinskyAZ-c08f5214

(подпись)

А.З.
Славинский

(расшифровка
подписи)

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-1 Способен проводить и разрабатывать технологические процессы изготовления материалов и изделий микро- и нанoeлектроники с заданными свойствами
ИД-1 Знает методы контроля и исследования материалов микро- и нанoeлектроники
ИД-2 1 Умеет выбирать перспективные материалы микро- и нанoeлектроники
2. ПК-2 Способен проводить исследования материалов и изделий микро- и нанoeлектроники
ИД-2 Владеет навыками выбора теоретических и экспериментальных методов исследования материалов микро- и нанoeлектроники

и включает:

для текущего контроля успеваемости:

Форма реализации: Выполнение задания

1. КМ-2 Расчетное задание №1 "Расчет параметров структур с применением активных диэлектриков" (Расчетно-графическая работа)

Форма реализации: Письменная работа

1. КМ-1 Тест №1. "Сегнетоэлектрики" (Тестирование)
2. КМ-3 Контрольная работа №1. "Теория сегнетоэлектричества" (Контрольная работа)
3. КМ-4. Контрольная работа №2. Методы контроля и исследования параметров активных диэлектриков" (Контрольная работа)

БРС дисциплины

1 семестр

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %				
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
	Срок КМ:	4	8	12	15
Классификация активных диэлектриков. Нелинейные эффекты					
Классификация активных диэлектриков. Нелинейные эффекты		+			+
Сегнетоэлектрики. Размерные эффекты в сегнетоэлектрических пленках					
Сегнетоэлектрики. Размерные эффекты в сегнетоэлектрических пленках		+			+
Параэлектрики					

Параэлектрики		+		
Пироэффект и пьезоэффект.				
Пироэффект и пьезоэффект.			+	
Материалы линейной и нелинейной оптики.				
Материалы линейной и нелинейной оптики.				+
Электреты				
Электреты				+
Жидкие кристаллы				
Жидкие кристаллы	+	+	+	+
Вес КМ:	25	25	25	25

\$Общая часть/Для промежуточной аттестации\$

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-1	ИД-1 _{ПК-1} Знает методы контроля и исследования материалов микро- и наноэлектроники	Знать: характеристики методов исследования материалов активных диэлектриков Уметь: применять параметры материалов активных диэлектриков для расчета характеристик образцов на основе численных методов расчета	КМ-1 Тест №1. "Сегнетоэлектрики" (Тестирование) КМ-4. Контрольная работа №2. Методы контроля и исследования параметров активных диэлектриков" (Контрольная работа)
ПК-1	ИД-2 _{ПК-1} 1 Умеет выбирать перспективные материалы микро- и наноэлектроники	Знать: параметры перспективных активных диэлектриков; уметь Уметь: выбирать активные диэлектрики с заданными свойствами	КМ-1 Тест №1. "Сегнетоэлектрики" (Тестирование) КМ-2 Расчетное задание №1 "Расчет параметров структур с применением активных диэлектриков" (Расчетно-графическая работа) КМ-3 Контрольная работа №1. "Теория сегнетоэлектричества" (Контрольная работа) КМ-4. Контрольная работа №2. Методы контроля и исследования параметров активных диэлектриков" (Контрольная работа)
ПК-2	ИД-2 _{ПК-2} Владеет навыками выбора теоретических и экспериментальных методов исследования материалов микро- и	Знать: методы контроля и исследования параметров материалов активных диэлектриков	КМ-3 Контрольная работа №1. "Теория сегнетоэлектричества" (Контрольная работа)

	наноэлектроники		
--	-----------------	--	--

II. Содержание оценочных средств. Шкала и критерии оценивания

КМ-1. КМ-1 Тест №1. "Сегнетоэлектрики"

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Тестирование

Вес контрольного мероприятия в БРС: 25

Процедура проведения контрольного мероприятия: Тестовое задание выполняется в аудитории одновременно всеми тестируемыми в ограниченное время. Ответы на тестовые вопросы отмечаются на листе задания, который выдается в начале контрольного мероприятия и сдается в конце. На листе задания записываются фамилия, имя, отчество, группа студента время и место проведения контрольного мероприятия. По результатам проверки заданий выставляется оценка за контрольное мероприятие

Краткое содержание задания:

Получить лист с заданиями. На листе задания написать фамилию, имя, отчество, группу, время и место проведения контрольного мероприятия. Выбрать правильные ответы на вопросы и отметить в листе задания. На заданные вопросы следует давать однозначные ответы – т.е. на 1 вопрос необходим 1 правильный ответ. Если существуют два и больше непротиворечивых ответа, то один из них - наиболее полный, он считается правильным. В 4 задании найти соответствие. Лист задания с отмеченными ответами сдать в конце контрольного мероприятия

Контрольные вопросы/задания:

Знать: характеристики методов исследования материалов активных диэлектриков	1.КМ-1 Сегнетоэлектрики – это: (Выбрать правильный ответ) 2.КМ-1 Спонтанная поляризация – это: (Выбрать правильный ответ) 3.КМ-1 Электрический домен – это: (Выбрать правильный ответ) 4.Установите соответствие между величинами и их обозначениями Величины: относительная диэлектрическая восприимчивость, поляризация, абсолютная диэлектрическая проницаемость вакуума, относительная диэлектрическая проницаемость, напряженность электрического поля. Обозначения: P , χ , ϵ_0 , ϵ , E 5.КМ-1 Выберите из представленных зависимостей правильный вид петли гистерезиса для сегнетоэлектрика
Уметь: выбирать активные диэлектрики с заданными свойствами	1.КМ-1 уметь 1 Измерять частотные зависимости эpsilon сегнетоэлектриков 2.КМ-1 уметь 2 Измерять частотные зависимости проводимости сегнетоэлектриков 3.КМ-1 уметь 3 Измерять температурные зависимости эpsilon сегнетоэлектриков

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 80

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если дано 5 правильных ответа

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если дано 4 правильных ответа

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 40

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если дано 3 правильных ответа

КМ-2. КМ-2 Расчетное задание №1 "Расчет параметров структур с применением активных диэлектриков"

Формы реализации: Выполнение задания

Тип контрольного мероприятия: Расчетно-графическая работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 25

Процедура проведения контрольного мероприятия: Индивидуальные задания выдаются не позднее семи дней до контрольного мероприятия. Задание выполняется в форме домашнего задания с периодическими консультациями преподавателя и предоставляется в виде пояснительной записки не менее чем за один день до контрольного мероприятия на проверку. В пояснительной записке в письменном виде представляется решения заданий. По результатам проверки заданий выставляется оценка за контрольное мероприятие

Краткое содержание задания:

Выполнить расчеты параметров характеристик структур с применением активных диэлектриков. Расчеты оформить письменно в форме расчетно-графической работы и сдать на проверку не менее чем за один день до контрольного мероприятия

Контрольные вопросы/задания:

Знать: параметры перспективных активных диэлектриков; уметь	1.КМ-2 знать 1 Как Измерять частотные зависимости эpsilon сегнетоэлектриков 2.КМ-2 знать 2 Как Измерять частотные зависимости проводимости сегнетоэлектриков 3.КМ-2 знать 3 Как Измерять температурные зависимости эpsilon сегнетоэлектриков
Уметь: выбирать активные диэлектрики с заданными свойствами	1.КМ-2 уметь Определить смещение иона титана в элементарной ячейке кристалла титаната бария 2.КМ-2 уметь Определить напряженность электрического поля в зазоре конденсаторной структуры с электретом 3.КМ-2 уметь Определить разность потенциалов между противоположными плоскостями пьезоэлектрической пластины, находящейся под воздействием механического напряжения

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 80

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

Оценка: 4

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

Нижний порог выполнения задания в процентах: 40

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

КМ-3. КМ-3 Контрольная работа №1. "Теория сегнетоэлектричества"

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 25

Процедура проведения контрольного мероприятия: Контрольная работа выполняется в аудитории одновременно всеми контролируемым в ограниченное время. Ответы на контрольные вопросы даются письменно на листе ответа, который оформляется в начале контрольного мероприятия после выдачи задания и сдается в конце. На листе письменного ответа записываются фамилия, имя, отчество, группа студента время и место проведения контрольного мероприятия. По результатам проверки заданий выставляется оценка за контрольное мероприятие

Краткое содержание задания:

Получить вопросы и дать письменные ответы ты на контрольные вопросы. На листе письменного ответа написать фамилию, имя, отчество, группу, время и место проведения контрольного мероприятия. Лист письменного ответа сдать в конце контрольного мероприятия

Контрольные вопросы/задания:

Знать: методы контроля и исследования параметров материалов активных диэлектриков	<ol style="list-style-type: none">1.КМ-3 знать Сегнетоэлектрики. Основные свойства. Гистерезисные параметры2.КМ-3 знать Параметры сегнетоэлектриков при фазовых переходах I и II рода3.КМ-3 знать Классификация сегнетоэлектриков по виду строения. Причины возникновения спонтанной поляризации.4.КМ-3 знать Классическая теория сегнетоэлектричества. Поляризационная катастрофа.5.КМ-3 знать Термодинамическая теория сегнетоэлектричества. Основные положения. Система дифференциальных уравнений.6.КМ-3 знать Термодинамическая теория для сегнетоэлектриков II рода. Решение системы дифференциальных уравнений.7.КМ-3 знать Термодинамическая теория для сегнетоэлектриков II рода. Выводы и практическое применение для анализа зависимости диэлектрической проницаемости от температуры8.КМ-3 знать Термодинамическая теория для сегнетоэлектриков I рода. Решение системы
---	--

	<p>дифференциальных уравнений.</p> <p>9.КМ-3 знать Термодинамическая теория для сегнетоэлектриков I рода. Выводы и практическое применение для анализа зависимости диэлектрической проницаемости от температуры</p> <p>10.КМ-3 знать Динамическая теория сегнетоэлектричества.</p> <p>11.КМ-3 знать Размерный эффект в сегнетоэлектрических пленках. Физическая модель размерного эффекта</p>
<p>Уметь: выбирать активные диэлектрики с заданными свойствами</p>	<p>1.КМ-3 уметь 1 определять температуру Кэри</p> <p>2.КМ-3 уметь 2 определять температуру Кэри и эILON вблизи нее</p> <p>3.КМ-3 уметь 3 определять температуру Кэри и проводимость вблизи нее</p>

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 80

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

Оценка: 4

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

Нижний порог выполнения задания в процентах: 40

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

КМ-4. КМ-4. Контрольная работа №2. Методы контроля и исследования параметров активных диэлектриков"

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 25

Процедура проведения контрольного мероприятия: Контрольная работа выполняется в аудитории одновременно всеми контролируруемыми в ограниченное время. Ответы на контрольные вопросы даются письменно на листе ответа, который оформляется в начале контрольного мероприятия после выдачи задания и сдается в конце. На листе письменного ответа записываются фамилия, имя, отчество, группа студента время и место проведения контрольного мероприятия. По результатам проверки заданий выставляется оценка за контрольное мероприятие

Краткое содержание задания:

Получить вопросы и дать письменные ответы ты на контрольные вопросы. На листе письменного ответа написать фамилию, имя, отчество, группу, время и место проведения контрольного мероприятия. Лист письменного ответа сдать в конце контрольного мероприятия

Контрольные вопросы/задания:

Знать: характеристики методов исследования материалов активных диэлектриков	<p>1.КМ-4 знать 1 Основные параметры сегнетоэлектриков</p> <p>2.КМ-4 знать 2 Основные параметры пьезоэлектриков</p> <p>3.КМ-4 знать 3 Основные параметры параэлектриков</p> <p>4.КМ-4 знать 4 Основные параметры перовскитов</p>
Уметь: применять параметры материалов активных диэлектриков для расчета характеристик образцов на основе численных методов расчета	<p>1.КМ-4 уметь 5. Исследование температурной зависимости электропроводности активных диэлектриков. Позисторный эффект</p> <p>2.КМ-4 уметь 6. Исследование пьезоэлектрических свойств активных диэлектриков</p> <p>3.КМ-4 уметь 7. Исследование пьезоэлектрических свойств активных диэлектриков</p> <p>4.КМ-4 уметь 8. Исследование электрооптических свойств материалов линейной оптики</p>
Уметь: выбирать активные диэлектрики с заданными свойствами	<p>1.КМ-4 уметь 1. Исследование частотной зависимости диэлектрической проницаемости и тангенса угла диэлектрических потерь активных диэлектриков</p> <p>2.КМ-4 уметь 2. Исследование температурной зависимости диэлектрической проницаемости и тангенса угла диэлектрических потерь активных диэлектриков</p> <p>3.КМ-4 уметь 3. Исследование гистерезисных параметров активных диэлектриков</p> <p>4.КМ-4 уметь 4. Исследование вольтамперной характеристики активных диэлектриков. Варисторный эффект</p>

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 80

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

Оценка: 4

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

Нижний порог выполнения задания в процентах: 40

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

СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

1 семестр

Форма промежуточной аттестации: Экзамен

Пример билета

1. Активные диэлектрики. Определение, основные группы и характерные свойства.
2. Нелинейнооптические материалы. Основные свойства и применение.

Процедура проведения

Проводится в устной форме. Подготовка к ответу на вопросы 40 минут.

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

1. Компетенция/Индикатор: ИД-1_{ПК-1} Знает методы контроля и исследования материалов микро- и наноэлектроники

Вопросы, задания

- 1.1. Активные диэлектрики. Определение, основные группы и характерные свойства.
2. Нелинейнооптические материалы. Основные свойства и применение.
- 2.1. Классификации сегнетоэлектриков.
2. Сегнетоэлектрические тонкие пленки. Проблемы и возможные пути их решения.

Материалы для проверки остаточных знаний

1. Установите соответствие между величинами и их обозначениями
Величины: относительная диэлектрическая восприимчивость, поляризация, абсолютная диэлектрическая проницаемость вакуума, относительная диэлектрическая проницаемость, напряженность электрического поля.
Обозначения: P , χ , ϵ_0 , ϵ , E

Ответы:

Найти правильное соответствие между величинами и их обозначениями

- Верный ответ: χ - относительная диэлектрическая восприимчивость P - поляризация
 ϵ_0 - абсолютная диэлектрическая проницаемость вакуума ϵ - относительная диэлектрическая проницаемость E - напряженность электрического поля

2. Компетенция/Индикатор: ИД-2_{ПК-1} 1 Умеет выбирать перспективные материалы микро- и наноэлектроники

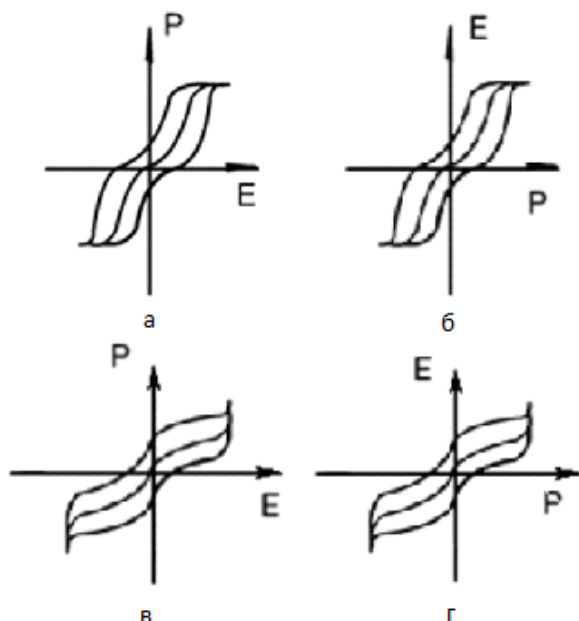
Вопросы, задания

- 1.1. Термодинамическая теория фазовых переходов второго рода в сегнетоэлектриках. Основные положения.
2. Пьезоэлектрический эффект. Основные параметры
- 2.1. Термодинамическая теория фазовых переходов в сегнетоэлектриках. Параэлектрическая фаза (основные соотношения и закономерности изменения параметров).
2. Пироэлектрический и электрокалорический эффекты. Определение и основные соотношения.
- 3.1. Термодинамическая теория фазовых переходов в сегнетоэлектриках. Полярная фаза.
2. Характеристики пироэлектриков и важнейшие материалы для пироэлектрических кристаллов и тонких пленок.

Материалы для проверки остаточных знаний

1. Выберите из представленных зависимостей правильный вид петли гистерезиса для сегнетоэлектрика

Ответы:



Верный ответ: Правильный ответ - а

3. Компетенция/Индикатор: ИД-2ПК-2 Владеет навыками выбора теоретических и экспериментальных методов исследования материалов микро- и нанoeлектроники

Вопросы, задания

- 1.1. Изменение ϵ от температуры в параэлектрической фазе сегнетоэлектрика.
2. Применение пиро- и пьезоэлектрических пленок в электронике.
- 2.1. Динамическая теория спонтанной поляризации. Основные положения, мягкая мода сегнетоэлектрических колебаний.
2. Материалы для твердотельных лазеров. Основные свойства и применение
- 3.1. Активные диэлектрики. Определение, основные группы и характерные свойства.
2. Полупроводниковые лазеры и светодиоды. Применяемые материалы
- 4.1. Основные этапы и история изучения сегнето- и пьезоэлектрических материалов.
2. Материалы для жидкостных лазеров. Основные свойства и применение
- 5.1. Классификации сегнетоэлектриков.
2. Электрооптический эффект. Основные свойства
- 6.1. Термодинамическая теория фазовых переходов второго рода в сегнетоэлектриках. Основные положения.
2. Люминофоры. Основные свойства и применение
- 7.1. Термодинамическая теория фазовых переходов в сегнетоэлектриках. Параэлектрическая фаза (основные соотношения и закономерности изменения параметров).
2. Электрооптические кристаллы. Основные свойства и применение

Материалы для проверки остаточных знаний

1. Сегнетоэлектрики – это:

Ответы:

- активные диэлектрики,
- пассивные диэлектрики,
- активные проводники,

- активные полупроводники,
- пассивные полупроводники,
- пассивные проводники.

Верный ответ: Сегнетоэлектрики – это- активные диэлектрики

2.Спонтанная поляризация – это:

Ответы:

- самопроизвольная поляризация, возникающая при низких температурах даже, если электрическое поле отсутствует или при нагреве;
- самопроизвольная поляризация, возникающая под действием электрического поля;
- самопроизвольная поляризация, возникающая при нагреве;
- самопроизвольная поляризация, возникающая при одновременном действии электрического поля и высокой температуры;
- самопроизвольная поляризация, возникающая при низких температурах даже, если электрическое поле отсутствует.

Верный ответ: Спонтанная поляризация – это самопроизвольная поляризация, возникающая при низких температурах даже, если электрическое поле отсутствует.

3.Электрический домен – это:

Ответы:

- область материала, обладающая электрическим моментом даже при отсутствии внешнего электрического поля;
- область материала, в которой электрический момент возникает под действием электрического поля;
- область материала, в которой электрический момент возникает при нагреве;
- область материала, в которой электрический момент возникает при нагреве или под действием электрического поля;
- область материала, в которой электрический момент возникает при одновременном действии электрического поля и высокой температуры.

Верный ответ: Электрический домен – это область материала, обладающая электрическим моментом даже при отсутствии внешнего электрического поля

II. Описание шкалы оценивания

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 80

Описание характеристики выполнения знания: Оценка «ОТЛИЧНО» выставляется студенту, который показал при ответе на вопросы экзаменационного билета и на дополнительные вопросы, что владеет материалом изученной дисциплины, свободно применяет свои знания для объяснения различных явлений и решения задач.

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Оценка «ХОРОШО» выставляется студенту в основном правильно ответившему на вопросы экзаменационного билета и на дополнительные вопросы, но допустившему при этом непринципиальные ошибки.

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 40

Описание характеристики выполнения знания: Оценка «УДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО» выставляется студенту, который в ответах на вопросы экзаменационного билета допустил существенные и даже грубые ошибки, но затем исправил их сам.

III. Правила выставления итоговой оценки по курсу

Оценка определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании семестровой и экзаменационной составляющих.