

**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: Лазерная и оптическая измерительная электроника

Уровень образования: высшее образование - магистратура

Форма обучения: Очная

**Оценочные материалы
по дисциплине
Рефрактометрические измерительные системы**

**Москва
2022**

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Преподаватель

(должность)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Лапицкий К.М.
	Идентификатор	R34188c97-LapitskyKM-ff585e2b

(подпись)

К.М.

Лапицкий

(расшифровка
подписи)

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной
программы

(должность, ученая степень,
ученое звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Скорнякова Н.М.
	Идентификатор	R984920bc-SkorniakovaNM-67f74b6

(подпись)

Н.М.

Скорнякова

(расшифровка
подписи)

Заведующий
выпускающей кафедры

(должность, ученая степень,
ученое звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Скорнякова Н.М.
	Идентификатор	R984920bc-SkorniakovaNM-67f74b6

(подпись)

Н.М.

Скорнякова

(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 представлять современную научную картину мира, выявлять естественнонаучную сущность проблем, определять пути их решения и оценивать эффективность сделанного выбора

ИД-1 Знает тенденции и перспективы развития электроники и нанoeлектроники, а также смежных областей науки и техники

ИД-2 Умеет использовать передовой отечественный и зарубежный опыт в профессиональной сфере деятельности

и включает:

для текущего контроля успеваемости:

Форма реализации: Письменная работа

1. Оптические свойства среды (Контрольная работа)

Форма реализации: Смешанная форма

1. Распространение излучения в плоскостойкой неоднородной среде (Контрольная работа)

2. Распространение излучения в сферически-слоистой неоднородной среде (Контрольная работа)

Форма реализации: Устная форма

1. Принципы построения лазерных рефракционных систем (Лабораторная работа)

БРС дисциплины

2 семестр

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %				
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
	Срок КМ:	4	8	12	16
Рефракционные измерения в современной технике					
Рефракционные измерения в современной технике	+				
Оптические характеристики однородных и неоднородных сред					
Оптические характеристики однородных и неоднородных сред	+				
Структурированное лазерное излучение					

Структурированное лазерное излучение		+	+	+
Приближение геометрической оптики для описания рефракции в слоистых средах				
Приближение геометрической оптики для описания рефракции в слоистых средах		+	+	
Принципы построения лазерных рефракционных систем				
Принципы построения лазерных рефракционных систем				+
Вес КМ:	20	25	25	30

\$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 тенденции и перспективы развития электроники и нанoeлектроники, а также смежных областей науки и техники	Знать: физические процессы, приводящие к оптической неоднородности среды	Оптические свойства среды (Контрольная работа)
ПК-1	ИД-2 _{ПК-1} Умеет использовать передовой отечественный и зарубежный опыт в профессиональной сфере деятельности	Уметь: разработать методику расчета и обработки рефрактограмм для визуализации сферически-слоистой неоднородной среды разработать методику расчета и обработки рефрактограмм для визуализации плоскостойкой неоднородной среды проводить экспериментальные исследования по определению параметров оптически прозрачной неоднородной среды на	Распространение излучения в плоскостойкой неоднородной среде (Контрольная работа) Распространение излучения в сферически-слоистой неоднородной среде (Контрольная работа) Принципы построения лазерных рефракционных систем (Лабораторная работа)

		основе известных принципов построения рефрактометрических систем с использованием некогерентных и когерентных источников	
--	--	---	--

II. Содержание оценочных средств. Шкала и критерии оценивания

КМ-1. Оптические свойства среды

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 20

Процедура проведения контрольного мероприятия: Задание на 45 минут

Краткое содержание задания:

Выполнить задание на знание оптических свойств среды

Контрольные вопросы/задания:

Знать: физические процессы, приводящие к оптической неоднородности среды

1. Угол падения светового излучения длиной волны $\lambda_D = 589,3$ нм на границу раздела «вода-воздух» (источник излучения находится в воде) составляет $48^\circ 39' 30''$. Определите, при каких температурах из списка будет наблюдаться полное внутреннее отражение:

- углы менее или равные 30°C (верный);
- углы более или равные 30°C ;
- углы менее или равные 50°C ;
- углы более или равные 50°C

$T, ^\circ\text{C}$	n_D
0°C	1,33395
10°C	1,33369
20°C	1,33299
30°C	1,33194
40°C	1,33061
50°C	1,32904
60°C	1,32725

2. Сравните дифракционные картины, полученные при помощи дифракционной решётки в воздухе при температуре 0°C и 500°C (параметры решётки считать неизменными):

- картины не отличаются;
- в картине при 500°C расстояние между максимумами больше, чем при 0°C ;
- в картине при 500°C расстояние между максимумами меньше, чем при 0°C (верный)

3. На основе значений показателя преломления дистиллированной воды для длины волны $\lambda_D = 589,3$ нм сравните коэффициенты отражения излучения на границе раздела «воздух-вода» при нормальном падении при температурах 20°C и 50°C . Дать развёрнутый ответ.

$T, ^\circ\text{C}$	n_D
0°C	1,33395

	10°C	1,33369
	20°C	1,33299
	30°C	1,33194
	40°C	1,33061
	50°C	1,32904
	60°C	1,32725

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 90

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: 70

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: 50

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

КМ-2. Распространение излучения в плоскостой неоднородной среде

Формы реализации: Смешанная форма

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 25

Процедура проведения контрольного мероприятия: Выполнение задания на компьютере с последующим устным ответом

Краткое содержание задания:

Построить профили пучка на экране (рефракционные картины) для выбранных параметров температурной неоднородности и геометрических параметров установки. Задания - в соответствии с вариантом.

Контрольные вопросы/задания:

Уметь: разработать методику расчета и обработки рефрактограмм для визуализации плоскостой неоднородной среды	1. Рассчитать траектории геометрических лучей в плоскостой экспоненциальном слое при $n_0 = 1.33$, $\Delta n = 0.01$, $a = 1$ мм. 2. Рассчитать траектории геометрических лучей в плоскостой слое толщиной 10 мм, показатель преломления в пределах которого меняется линейно от $n_1 = 1.50$ до $n_2 = 1.60$.
--	---

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 90

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: 70

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: 50

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

КМ-3. Распространение излучения в сферически-слоистой неоднородной среде

Формы реализации: Смешанная форма

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 25

Процедура проведения контрольного мероприятия: Выполнение задания на компьютере с последующим устным ответом

Краткое содержание задания:

Построить профили пучка на экране (рефракционные картины) для выбранных параметров температурной неоднородности и геометрических параметров установки. Задания - в соответствии с вариантом.

Контрольные вопросы/задания:

Уметь: разработать методику расчета и обработки рефрактограмм для визуализации сферически-слоистой неоднородной среды

1.1. Задать распределение температуры и градиента температуры в сферически-слоистой среде в направлении радиальной координаты r вокруг нагретого шара радиусом $R = (10 + 2N)$ мм в соответствии с номером варианта по формуле $T(r) = T_0 + \Delta T \cdot \exp\left(-\frac{(r-R-\Delta R)^2}{a^2}\right)$.

Таблица. Параметры модели температурных полей

№ вар. (N)	$T_{ш}^{\text{ш}}, \text{C}$	T_0^0, C	$\Delta T, \text{C}$	$\Delta R, \text{мм}$	$a, \text{мм}$
1	90	20,0	94,6	-0,221	0,400
2	80	20,0	77,8	-0,653	1,281
3	70	20,0	63,3	-1,066	2,267
4	60	20,0	49,1	-1,669	3,680
5	50	20,0	38,2	-2,678	5,592

2. Построить зависимость показателя преломления и градиента показателя преломления вдоль радиальной координаты r в воде, используя формулу связи температуры воды с показателем преломления для длины волны 0,6328 мкм: $n(T) = 1,3328 - 0,000051T - 0,0000011T^2$.

3. Расположить экран на расстоянии $z_1 = (40 + 10 \cdot N)$ мм в положительной области оси z .

4. Получить зависимости для расчета траектории семейства лучей, распространяющихся в оптической неоднородности, если луч входит в среду параллельно оси z , точка входа каждого луча в неоднородности расположена в бесконечности ($|z_0| \gg R$), координата входа x_0 – одинаковая для всех лучей. Количество лучей по оси y брать из

	условия, что не менее трех должны лежать в области, где градиент показателя преломления практически отсутствует (в соответствии с построенными зависимостями). Расчеты выполнить для трех различных значений $x_0 > R$ по выбору студента. 5. По результатам расчета п.4 построить профили пучка на экране (рефракционные картины) для выбранных начальных координат x_0 .
--	---

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 90

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: 70

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: 50

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

КМ-4. Принципы построения лазерных рефракционных систем

Формы реализации: Устная форма

Тип контрольного мероприятия: Лабораторная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 30

Процедура проведения контрольного мероприятия: Подготовка ответа на выданные вопросы с последующим устным ответом

Краткое содержание задания:

1. Каким образом можно определить реальный размер пузырьков по интерференционной картине?
2. По какой траекторий будет распространяться луч в оптически неоднородной среде? Количественные характеристики кривизны траектории.
3. Каковы основные компоненты типовой установки для ТФМ?

Контрольные вопросы/задания:

Уметь: проводить экспериментальные исследования по определению параметров оптически прозрачной неоднородной среды на основе известных принципов построения рефрактометрических систем с использованием некогерентных и когерентных источников	1. В чем состоит суть ТФМ, на каких физических эффектах основан данный метод? В чем состоит преимущество ТФМ по сравнению с другими методами? 2. Каковы основные компоненты типовой установки для ТФМ? 3. На чем основана обработка экспериментальных изображений ТФМ? 4. По какой траектории будет распространяться луч в оптически неоднородной среде? Количественные характеристики кривизны траектории. 5. Вывести уравнение распространения луча в
---	---

	плоскостной полевой показатель преломления. Пояснить условия его применимости. 6.Каким образом можно определить реальный размер пузырьков по интерференционной картине?
--	---

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 90

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: 70

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: 50

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

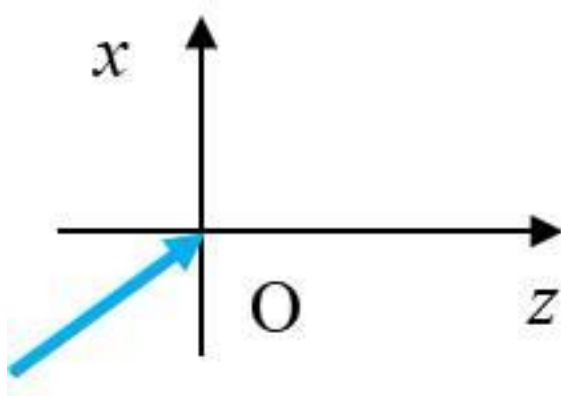
СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

2 семестр

Форма промежуточной аттестации: Экзамен

Пример билета

1. Основные виды структурированного лазерного излучения. Гауссовы пучки. Формирование лазерной плоскости на основе оптических элементов. Формирование СЛИ на основе дифракционных оптических элементов
2. Плоскостойкая среда. Траектории лучей в плоскостойкой неоднородности
- 3.



Луч падает на границу раздела между однородной средой ($z < 0$) и плоскостойкой неоднородной средой ($z > 0$). При каких условиях луч сможет развернуться и распространяться в направлении противоположном оси ОХ?

Процедура проведения

Устная форма

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

1. Компетенция/Индикатор: ИД-1ПК-1 Знает тенденции и перспективы развития электроники и нанoeлектроники, а также смежных областей науки и техники

Вопросы, задания

1. Оптические свойства среды. Показатель преломления. Физические процессы, приводящие к оптической неоднородности среды. Температурное поле в жидкости. Акустическое поле в жидкостях и газах. Стратифицированные жидкости
2. Сравните дифракционные картины, полученные при помощи дифракционной решётки в воздухе при температуре 0°C и 500°C (параметры решётки считать неизменными).

Материалы для проверки остаточных знаний

1. Какие параметры оптически прозрачной газообразной среды влияют на её показатель преломления?

Ответы:

1) плотность; 2) температура; 3) влажность; 4) плотность и температура; 5) плотность, температура и влажность

Верный ответ: 5

2. Как ведёт себя показатель преломления газообразных и жидких сред при нагревании?

Ответы:

1) увеличивается в обоих случаях; 2) уменьшается в обоих случаях; 3) в случае газообразной среды увеличивается, в случае жидкой среды уменьшается; 4) в случае газообразной среды уменьшается, в случае жидкой среды увеличивается

Верный ответ: 3

3. Сравните дифракционные картины, полученные при помощи дифракционной решётки в воздухе при температуре 0°C и 500°C (параметры решётки считать неизменными):

Ответы:

- 1) картины не отличаются;
- 2) в картине при 500°C расстояние между максимумами больше, чем при 0°C ;
- 3) в картине при 500°C расстояние между максимумами меньше, чем при 0°C (верный)

Верный ответ: 3

4. При переходе из воды в стекло длина волны излучения:

Ответы:

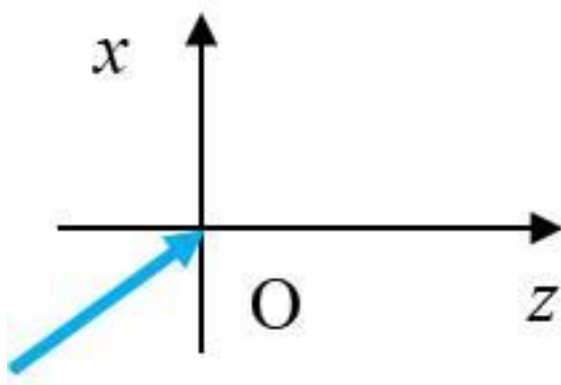
1) увеличивается; 2) уменьшается; 3) не изменяется; 4) данных задания недостаточно для ответа

Верный ответ: 2

2. Компетенция/Индикатор: ИД-2_{ПК-1} Умеет использовать передовой отечественный и зарубежный опыт в профессиональной сфере деятельности

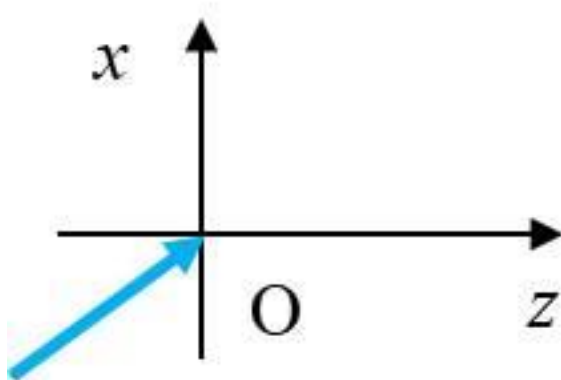
Вопросы, задания

1. Моделирование рефракции структурированного лазерного излучения в оптической неоднородности. Рефрактограммы излучения в среде с градиентом температуры
2. Сферически-слоистая среда. Траектории лучей в сферической неоднородности
3. Плоскостно-слоистая среда. Траектории лучей в плоско-слоистой неоднородности
4. Основные виды структурированного лазерного излучения. Гауссовы пучки. Формирование лазерной плоскости на основе оптических элементов. Формирование СЛИ на основе дифракционных оптических элементов
5. Лазерные рефрактографические системы. Структурные элементы системы. Требования к СЛИ. Требования к системам регистрации рефрактограмм. Методы регистрации с применением фото- и видеоаппаратуры
6. Методы цифровой обработки рефрактограмм
7. Роль и значение рефракционных измерений в современной науке, технике и технологии, в становлении современного прецизионного приборостроения. Принципы рефракционных методов диагностики неоднородных сред



8.

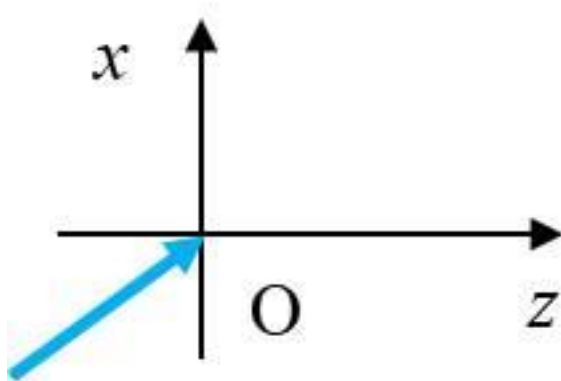
Луч падает на границу раздела между однородной средой ($z < 0$) и плоскослоистой неоднородной средой ($z > 0$). При каких условиях луч сможет развернуться и распространяться в направлении противоположном оси ОХ?



9.

Луч падает на границу раздела между однородной средой ($x < 0$) и плоскослоистой неоднородной средой ($x > 0$). При каких условиях луч сможет развернуться и распространяться в направлении противоположном оси ОZ?

Материалы для проверки остаточных знаний



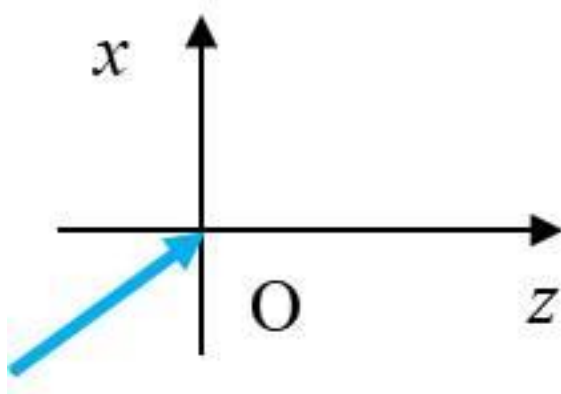
1.

Луч падает на границу раздела между однородной средой ($z < 0$) и плоскослоистой неоднородной средой ($z > 0$). При каких условиях луч сможет развернуться и распространяться в направлении противоположном оси ОХ?

Ответы:

1) в случае, если $(dn/dx) > 0$; 2) в случае, если $(dn/dx) < 0$; 3) в случае, если $(dn/dz) < 0$; 4) не сможет ни в каком случае

Верный ответ: 2



2.

Луч падает на границу раздела между однородной средой ($x < 0$) и плоскостойкой неоднородной средой ($x > 0$). При каких условиях луч сможет развернуться и распространяться в направлении противоположном оси OZ ?

Ответы:

1) в случае, если $(dn/dz) < 0$; 2) в случае, если $(dn/dz) > 0$; 3) в случае, если $(dn/dx) > 0$; 4) не сможет ни в каком случае

Верный ответ: 1

3. Какая структура лазерного пучка будет получена на плоском экране, если на пути лазерного пучка поставить одну или несколько цилиндрических линз со взаимно параллельными осями?

Ответы:

1) конусообразный пучок; 2) “лазерную плоскость”; 3) несколько “точечных” пучков

Верный ответ: 2

4. Какая структура лазерного пучка будет получена на плоском экране, если на пути лазерного пучка поставить одномерную дифракционную решётку?

Ответы:

1) конусообразный пучок; 2) “лазерную плоскость”; 3) несколько “точечных” пучков

Верный ответ: 3

5. Лазерный пучок распространяется вблизи поверхности нагретого тела. По мере остывания тела траектория пучка:

Ответы:

1) будет становиться более искривлённой; 2) будет становиться более прямолинейной; 3) не будет изменяться

Верный ответ: 2

6. Лазерный пучок распространяется вблизи поверхности нагретого тела, которое находится в тепловом равновесии с окружающей средой. По мере приближения к поверхности тела траектория пучка:

Ответы:

1) будет становиться более искривлённой; 2) будет становиться более прямолинейной; 3) не будет изменяться

Верный ответ: 1

II. Описание шкалы оценивания

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 90

Описание характеристики выполнения знания: Выставляется студенту, правильно выполнившему практическое задание, 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: 70

Описание характеристики выполнения знания: Выставляется студенту, правильно выполнившему практическое задание и в основном правильно ответившему на вопросы экзаменационного билета и на дополнительные вопросы, но допустившему при этом не принципиальные ошибки

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Выставляется студенту, который в ответах на вопросы экзаменационного билета допустил существенные и даже грубые ошибки, но затем исправил их сам, а также не выполнил практическое задание из экзаменационного билета, но либо наметил правильный путь его выполнения, либо по указанию экзаменатора решил другую задачу из того же раздела дисциплины

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