

**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: Твердотельная микро- и нанoeлектроника, лазерная и оптическая измерительная электроника

Уровень образования: высшее образование - магистратура

Форма обучения: Очная

**Оценочные материалы
по дисциплине
Рефрактометрические измерительные системы**

**Москва
2024**

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Разработчик

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

К.М.
Лапицкий

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной
программы

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Скорнякова Н.М.
	Идентификатор	R984920bc-SkorniakovaNM-67f74b

Н.М.
Скорнякова

Заведующий
выпускающей
кафедрой

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Скорнякова Н.М.
	Идентификатор	R984920bc-SkorniakovaNM-67f74b

Н.М.
Скорнякова

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, сопровождать работы, организовывать обучение персонала по проектированию и конструированию лазерных и оптических измерительных приборов и комплексов

ИД-2 Умеет решать изобретательские задачи и разрабатывать инновационные приборы квантово-оптических систем и комплексов

и включает:

для текущего контроля успеваемости:

Форма реализации: Смешанная форма

1. Оптические свойства среды. Методы определения показателя преломления среды (Расчетное задание)

2. Распространение излучения в плоскостойкой неоднородной среде (Расчетное задание)

3. Распространение излучения в сферически-слоистой неоднородной среде (Расчетное задание)

Форма реализации: Устная форма

1. Принципы построения рефрактометрических систем (Лабораторная работа)

БРС дисциплины

2 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

КМ-1 Распространение излучения в плоскостойкой неоднородной среде (Расчетное задание)

КМ-2 Распространение излучения в сферически-слоистой неоднородной среде (Расчетное задание)

КМ-3 Оптические свойства среды. Методы определения показателя преломления среды (Расчетное задание)

КМ-4 Принципы построения рефрактометрических систем (Лабораторная 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

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	20	20	40

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-2ПК-1 Умеет решать изобретательские задачи и разрабатывать инновационные приборы квантово-оптических систем и комплексов	Знать: физические процессы, приводящие к оптической неоднородности среды Уметь: разработать методику расчета и обработки рефрактограмм для визуализации плоскостойкой неоднородной среды разработать методику расчета и обработки рефрактограмм для визуализации сферически-стойкой неоднородной среды проводить экспериментальные исследования по определению параметров оптически прозрачной неоднородной среды на основе известных принципов построения	КМ-1 Распространение излучения в плоскостойкой неоднородной среде (Расчетное задание) КМ-2 Распространение излучения в сферически-стойкой неоднородной среде (Расчетное задание) КМ-3 Оптические свойства среды. Методы определения показателя преломления среды (Расчетное задание) КМ-4 Принципы построения рефрактометрических систем (Лабораторная работа)

		рефрактометрических систем с использованием некогерентных и когерентных источников	
--	--	---	--

II. Содержание оценочных средств. Шкала и критерии оценивания

КМ-1. Распространение излучения в плоскослоистой неоднородной среде

Формы реализации: Смешанная форма

Тип контрольного мероприятия: Расчетное задание

Вес контрольного мероприятия в БРС: 20

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:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Уметь: разработать методику расчета и обработки рефрактограмм для визуализации плоскослоистой неоднородной среды	1. Рассчитать траектории геометрооптических лучей в плоскослоистом экспоненциальном слое при $n_0 = 1.33$, $\Delta n = 0.01$, $a = 1$ мм. 2. Рассчитать траектории геометрооптических лучей в плоскослоистом 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 («отлично»)

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 («хорошо»)

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 («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. Распространение излучения в сферически-слоистой неоднородной среде

Формы реализации: Смешанная форма

Тип контрольного мероприятия: Расчетное задание

Вес контрольного мероприятия в БРС: 20

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:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки																																				
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 $T(r) = T_0 + \Delta T \cdot \exp\left(-\frac{(r-R-\Delta R)^2}{a^2}\right)$. <i>Таблица. Параметры модели температурных полей</i> <table><tr><th>№ вар. (N)</th><th>$T_{ш}^m, C$</th><th>T_0^0, C</th><th>$\Delta T, C$</th><th>$\Delta R, мм$</th><th>$a, мм$</th></tr><tr><td>1</td><td>90</td><td>20,0</td><td>94,6</td><td>-0,221</td><td>0,400</td></tr><tr><td>2</td><td>80</td><td>20,0</td><td>77,8</td><td>-0,653</td><td>1,281</td></tr><tr><td>3</td><td>70</td><td>20,0</td><td>63,3</td><td>-1,066</td><td>2,267</td></tr><tr><td>4</td><td>60</td><td>20,0</td><td>49,1</td><td>-1,669</td><td>3,680</td></tr><tr><td>5</td><td>50</td><td>20,0</td><td>38,2</td><td>-2,678</td><td>5,592</td></tr></table> 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.	№ вар. (N)	$T_{ш}^m, C$	T_0^0, C	$\Delta T, C$	$\Delta R, мм$	$a, мм$	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
№ вар. (N)	$T_{ш}^m, C$	T_0^0, C	$\Delta T, C$	$\Delta R, мм$	$a, мм$																																
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																																

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5 («отлично»)

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 («хорошо»)

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 («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. Оптические свойства среды. Методы определения показателя преломления среды

Формы реализации: Смешанная форма

Тип контрольного мероприятия: Расчетное задание

Вес контрольного мероприятия в БРС: 20

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

Краткое содержание задания:

Рассчитать ход луча через стеклянную призму и определить оптические параметры материала призмы

Контрольные вопросы/задания:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Знать: физические процессы, приводящие к оптической неоднородности среды	1.1. Построить график зависимости показателя преломления стекла призмы (в соответствии с номером варианта) от длины волны. Аппроксимировать эту функцию. 2. Получить аналитическое выражение зависимости угла отклонения луча δ от угла падения ϕ_1. Построить график этой зависимости для указанных в таблице вариантов длин волн. 3. Определить диапазон углов падения ϕ_1, при которых луч выходит из призмы через правую боковую грань, для указанных в таблице вариантов длин волн. Объяснить полученный результат. 4. Определить разрешающую способность призмы для указанных в таблице вариантов длин волн и ширины пучка. Также определить минимальную разницу длин волн излучения, для которых две спектральные линии будут видны отдельно. Цену деления измерительного прибора и среднюю длину волны излучения взять из таблицы распределения вариантов. 5. Оценить погрешность определения показателя преломления, считая известной абсолютную погрешность

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
	измерения углов (см. таблицу).

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5 («отлично»)

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 («хорошо»)

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 («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. Принципы построения рефрактометрических систем

Формы реализации: Устная форма

Тип контрольного мероприятия: Лабораторная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 40

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:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
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

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
	распространяться луч в оптически неоднородной среде? Количественные характеристики кривизны траектории. 5.Вывести уравнение распространения луча в плоскослоистом поле показателей преломления. Пояснить условия его применимости. 6.Каким образом можно определить реальный размер пузырьков по интерференционной картине?

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5 («отлично»)

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 («хорошо»)

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 («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

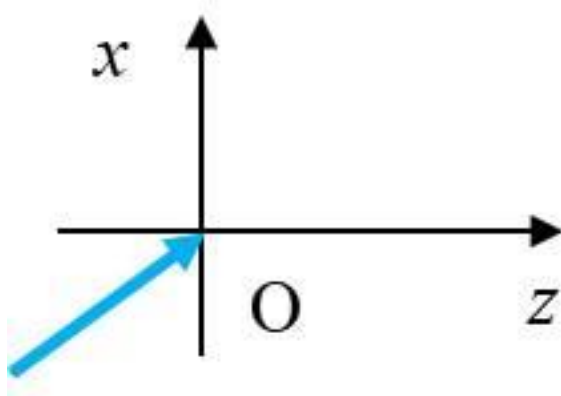
СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

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

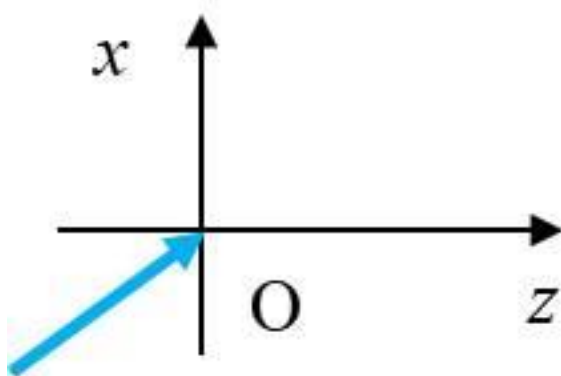
1. Компетенция/Индикатор: ИД-2ПК-1 Умеет решать изобретательские задачи и разрабатывать инновационные приборы квантово-оптических систем и комплексов

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. Плоскостойкая среда. Траектории лучей в плоскостойкой 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

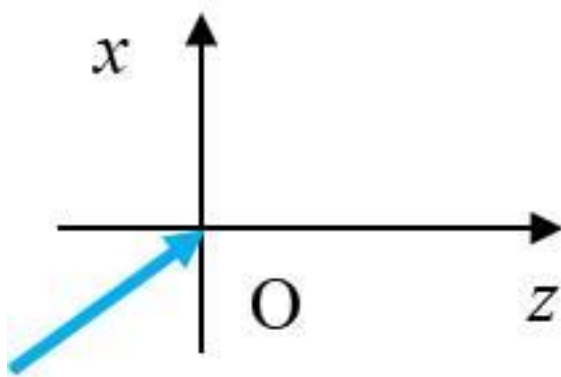
7. Оптические свойства среды. Показатель преломления. Физические процессы, приводящие к оптической неоднородности среды. Температурное поле в жидкости. Акустическое поле в жидкостях и газах. Стратифицированные жидкости

8. Роль и значение рефракционных измерений в современной науке, технике и технологии, в становлении современного прецизионного приборостроения. Принципы рефракционных методов диагностики неоднородных сред



9.

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 OX?

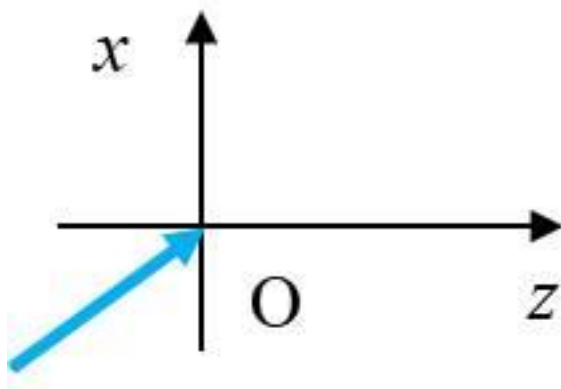


10.

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 OZ?

11. 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



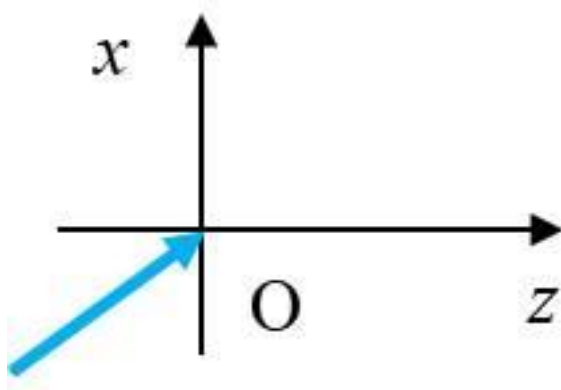
1.

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 плоскослоистой неоднородной средой ($x > 0$). При каких условиях луч сможет развернуться и распространяться в направлении противоположном оси ОZ?

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. 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

4. 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

5. 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

6. 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

7. 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

8. 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

9. 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

10. 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 («отлично»)

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 («хорошо»)

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 принципиальные ошибки

Оценка: 3 («удовлетворительно»)

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

Оценка: 2 («неудовлетворительно»)

Описание характеристики выполнения знания: Выставляется студенту, который: а) не ответил на вопросы экзаменационного билета и не смог решить, либо наметить правильный путь решения задачи из билета; б) не смог решить, либо наметить правильный путь решения задачи из экзаменационного билета и другой задачи на тот же раздел дисциплины, выданной взамен нее; в) при ответе на дополнительные вопросы обнаружил незнание большого раздела экзаменационной программы

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.