

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

ИНСТИТУТ ЛАЗЕРНЫХ И ПЛАЗМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

КАФЕДРА ЛАЗЕРНОЙ ФИЗИКИ

ОДОБРЕНО УМС ЛАПЛАЗ

Протокол № 1/08-577

от 29.08.2024 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

МЕТОДЫ ЛАЗЕРНОЙ ДИАГНОСТИКИ

Направление подготовки  
(специальность)

[1] 12.04.03 Фотоника и оптоинформатика

Семестр	Трудоемкость, кред.	Общий объем курса, час.	Лекции, час.	Практич. занятия, час.	Лаборат. работы, час.	В форме практической подготовки/ В	СРС, час.	КСР, час.	Форма(ы) контроля, экз./зач./КР/КП
2	3	108	8	24	0		40	0	Э
Итого	3	108	8	24	0	0	40	0	

## АННОТАЦИЯ

Целями освоения учебной дисциплины «Методы лазерной диагностики» являются вопросы применения лазеров для интерферометрической и спектроскопической диагностики сред, измерения перемещений, в дальнометрии. Изучаются как традиционные измерительные методики с использованием лазеров в качестве источников света, так и методики, в которых лазеры являются собственно измерительными средствами. Для этого рассматриваются некоторые специальные вопросы лазерной физики. Курс теоретически и практически развивает знания, полученные студентами в курсах кафедры: «Физическая оптика», «Теория колебаний», «Квантовая радиофизика» «Теоретическая квантовая радиофизика», «Атомная и молекулярная спектроскопия», в практикуме по физической оптике. Курс поддерживается лабораторным практикумом по лазерной физике и помогает в выполнении студентами практики физического эксперимента, производственной практики и дипломного проекта.

### 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Целями освоения учебной дисциплины «Методы лазерной диагностики» являются вопросы применения лазеров для интерферометрической и спектроскопической диагностики сред, измерения перемещений, в дальнометрии. Изучаются как традиционные измерительные методики с использованием лазеров в качестве источников света, так и методики, в которых лазеры являются собственно измерительными средствами. Для этого рассматриваются некоторые специальные вопросы лазерной физики.

### 2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Курс теоретически и практически развивает знания, полученные студентами в курсах кафедры: «Физическая оптика», «Теория колебаний», «Квантовая радиофизика» «Теоретическая квантовая радиофизика», «Атомная и молекулярная спектроскопия», в практикуме по физической оптике. Курс поддерживается лабораторным практикумом по лазерной физике и помогает в выполнении студентами практики физического эксперимента, производственной практики и дипломного проекта.

### 3. ФОРМИРУЕМЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Универсальные и(или) общепрофессиональные компетенции:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
--------------------------------	--

Профессиональные компетенции в соответствии с задачами и объектами (областями знаний) профессиональной деятельности:

Задача профессиональной деятельности (ЗПД)	Объект или область знания	Код и наименование профессиональной компетенции; Основание (профессиональный	Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции
--	---------------------------	---	---

		стандарт-ПС, анализ опыта)	
научно-исследовательский			
<p>формулирование задачи и плана научного исследования в области фотоники и оптоинформатики; построение математических моделей объектов исследования и выбор численного метода их моделирования, разработка алгоритма решения задачи; выполнение математического (компьютерного) моделирования и оптимизации параметров объектов фотоники и оптоинформатики; исследование элементов, устройств и систем фотоники и оптоинформатики; выбор оптимального метода и разработка программ экспериментальных исследований и измерений с выбором технических средств и обработкой результатов; осуществление наладки, настройки и опытной проверки отдельных видов систем фотоники и оптоинформатики в лабораторных условиях; составление описаний проводимых исследований, подготовка данных для составления отчетов, обзоров и другой технической</p>	<p>фундаментальные и прикладные научно-исследовательские разработки в области фотоники и оптоинформатики;</p>	<p>ПК-1.5 [1] - способен использовать знания о современных разработках и основных применениях лазеров, о физических основах и возможностях лазерной диагностики сред, особенностях взаимодействия лазерного излучения с биотканями и наноструктурами в профессиональной деятельности</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 29.004</p>	<p>З-ПК-1.5[1] - Знать: современное состояние разработок и область применения лазеров, современные возможности лазерной диагностики различных сред; У-ПК-1.5[1] - Уметь: использовать знания о современных разработках и основных применениях лазеров, о физических основах и возможностях лазерной диагностики сред, особенностях взаимодействия лазерного излучения с биотканями и наноструктурами в профессиональной деятельности; В-ПК-1.5[1] - Владеть: навыками сравнительного анализа разработок лазеров, методов лазерной диагностики сред</p>

документации; защита приоритета и новизны полученных результатов исследований с использованием юридической базы для охраны интеллектуальной собственности			
формулирование задачи и плана научного исследования в области фотоники и оптоинформатики; построение математических моделей объектов исследования и выбор численного метода их моделирования, разработка алгоритма решения задачи; выполнение математического (компьютерного) моделирования и оптимизации параметров объектов фотоники и оптоинформатики; исследование элементов, устройств и систем фотоники и оптоинформатики; выбор оптимального метода и разработка программ экспериментальных исследований и измерений с выбором технических средств и обработкой результатов; осуществление наладки, настройки и опытной проверки отдельных видов систем фотоники и оптоинформатики в лабораторных	фундаментальные и прикладные научно-исследовательские разработки в области фотоники и оптоинформатики;	ПК-3 [1] - способен разрабатывать фотонное устройство на основе элементной базы, выбирать необходимое оборудование и способ контроля параметров устройства  <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 29.004	З-ПК-3[1] - Знать: элементную базу и устройства фотоники ; У-ПК-3[1] - Уметь: приобретать и использовать новые знания в своей предметной области; предлагать новые идеи и подходы к решению инженерных задач в своей предметной области ; В-ПК-3[1] - Владеть: основными методами и способами контроля параметров устройств фотоники

условиях; составление описаний проводимых исследований, подготовка данных для составления отчетов, обзоров и другой технической документации; защита приоритета и новизны полученных результатов исследований с использованием юридической базы для охраны интеллектуальной собственности			
проектно-конструкторский			
анализ состояния научно-технической проблемы, постановка цели и задач проектирования приборов и систем фотоники и оптоинформатики; разработка функциональных и структурных схем приборов и систем фотоники и оптоинформатики и установление технических требований на отдельные блоки и элементы; проектирование и конструирование различных типов оптических и оптоинформационных систем, блоков и узлов с использованием средств компьютерного проектирования, проведение проектных расчетов и технико-экономическим обоснованием конструкторских	элементная база полупроводниковых, волоконных и планарных лазеров; элементная база и системы преобразования и отображения информации; устройства и системы на основе когерентной оптики и голографии; устройства и системы компьютерной фотоники; системы оптических и квантовых вычислений и оптические компьютеры; элементная база, системы и методы, обеспечивающие оптическую передачу, прием, обработку, запись и хранение информации;	ПК-4 [1] - способен к разработке функциональных и структурных схем фотоники и оптоинформатики на уровне узлов, элементов, систем и технологий  <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011	З-ПК-4[1] - Знать: физические принципы действия устройств и систем фотоники и оптоинформатики ; У-ПК-4[1] - Уметь: проводить сравнительный анализ изделий-аналогов; формулировать технические требования на отдельные узлы, элементы, системы и технологии ; разрабатывать и исследовать новые способы и принципы функционирования оптических и оптико-электронных приборов и систем получения, хранения и обработки информации ; В-ПК-4[1] - Владеть: методами анализа и расчета ожидаемых параметров разрабатываемых приборов и систем фотоники и оптоинформатики

<p>решений; оценка технологичности конструкторских решений, разработка технологических процессов сборки и контроля элементов, устройств и систем; составление технической документации, включая инструкции по эксплуатации, программы испытаний, технические условия; участие в наладке, испытаниях и сдаче в эксплуатацию опытных образцов.</p>			
<p>анализ состояния научно-технической проблемы, постановка цели и задач проектирования приборов и систем фотоники и оптоинформатики; разработка функциональных и структурных схем приборов и систем фотоники и оптоинформатики и установление технических требований на отдельные блоки и элементы; проектирование и конструирование различных типов оптических и оптоинформационных систем, блоков и узлов с использованием средств компьютерного проектирования, проведение проектных расчетов и технико-экономическим</p>	<p>элементная база полупроводниковых, волоконных и планарных лазеров; элементная база и системы преобразования и отображения информации; устройства и системы на основе когерентной оптики и голографии; устройства и системы компьютерной фотоники; системы оптических и квантовых вычислений и оптические компьютеры; элементная база, системы и методы, обеспечивающие оптическую передачу, прием, обработку, запись и хранение информации;</p>	<p>ПК-6 [1] - способен участвовать в монтаже, наладке, испытаниях и сдаче в эксплуатацию опытных образцов</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011</p>	<p>З-ПК-6[1] - Знать: принципы построения и состав оптических и оптоинформационных системы ; У-ПК-6[1] - Уметь: формулировать и обосновывать требования к монтажу и наладке опытного образца; выбрать метод сборки и наладки опытного образца; разработать программу испытаний; ; В-ПК-6[1] - Владеть: навыками монтажа, наладки и испытаний опытных образцов.</p>

обоснованием конструкторских решений; оценка технологичности конструкторских решений, разработка технологических процессов сборки и контроля элементов, устройств и систем; составление технической документации, включая инструкции по эксплуатации, программы испытаний, технические условия; участие в наладке, испытаниях и сдаче в эксплуатацию опытных образцов.			
---	--	--	--

#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Разделы учебной дисциплины, их объем, сроки изучения и формы контроля:

№ п.п	Наименование раздела учебной дисциплины	Недели	Лекции/ Практик. (семинары) / Лабораторные работы, час.	Обязат. текущий контроль (форма*, неделя)	Максимальный балл за раздел**	Аттестация раздела (форма*, неделя)	Индикаторы освоения компетенции
	<i>2 Семестр</i>						
1	Часть 1	1-8	4/12/0		25	КИ-8	3-ПК-1.5, У-ПК-1.5, В-ПК-1.5, 3-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3, 3-ПК-4, У-ПК-4, В-ПК-4, 3-ПК-6, У-ПК-6, В-ПК-6
2	Часть 2	9-15	4/12/0		25	КИ-15	3-ПК-1.5, У-ПК-1.5, В-ПК-1.5, 3-ПК-3, У-ПК-3,

							В-ПК-3, 3-ПК-4, У-ПК-4, В-ПК-4, 3-ПК-6, У-ПК-6, В-ПК-6
	<i>Итого за 2 Семестр</i>		8/24/0		50		
	<b>Контрольные мероприятия за 2 Семестр</b>				50	Э	3-ПК-1.5, У-ПК-1.5, В-ПК-1.5, 3-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3, 3-ПК-4, У-ПК-4, В-ПК-4, 3-ПК-6, У-ПК-6, В-ПК-6

\* – сокращенное наименование формы контроля

\*\* – сумма максимальных баллов должна быть равна 100 за семестр, включая зачет и (или) экзамен

Сокращение наименований форм текущего контроля и аттестации разделов:

Обозначение	Полное наименование
КИ	Контроль по итогам
Э	Экзамен

## КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Недели	Темы занятий / Содержание	Лек., час.	Пр./сем., час.	Лаб., час.
	<i>2 Семестр</i>	8	24	0
<b>1-8</b>	<b>Часть 1</b>	4	12	0
1	<b>Тема 1</b> Введение. Задачи оптической диагностики и методы их решения.	Всего аудиторных часов		
		0	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
2	<b>Тема 2</b> Преимущества использования лазеров в традиционных методах дальнометрии и локации, при распознавании образов, в интерферометрии и спектроскопии. Новые методы диагностики при использовании лазеров.	Всего аудиторных часов		
		1	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
3	<b>Тема 3</b> Общие характеристики двулучевых интерферометров: интерференционные выходы, оптическая развязка от лазера, видность интерференционной картины.	Всего аудиторных часов		
		1	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
4	<b>Тема 4</b>	Всего аудиторных часов		

	Типы двулучевых интерферометров. Измеряемые величины. Измерения с визуализацией поля, в режиме счета полос, с фотоэлектрической регистрацией.	0	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
5	<b>Тема 5</b> Многочувствительные интерферометры, их характеристики: ширина полосы, область свободной дисперсии, резкость. Точность, чувствительность, диапазон и дальность измерений при использовании лазеров.	Всего аудиторных часов		
		0	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
6	<b>Тема 6</b> Понятие о фотометрической стабильности. Примеры применения лазерных интерферометров.	Всего аудиторных часов		
		0	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
7	<b>Тема 7</b> Узкополосное и синхронное детектирование сигналов. Причины нестабильности мощности и частоты генерации лазеров.	Всего аудиторных часов		
		1	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
8	<b>Тема 8</b> Пассивные и активные методы автоподстройки мощности и частоты. Характеристики систем автоподстройки.	Всего аудиторных часов		
		1	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
9-15	<b>Часть 2</b>	4	12	0
9	<b>Тема 9</b> Закон Бугера. Спектроскопия пропускания. Концентрационная чувствительность.	Всего аудиторных часов		
		0	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
10	<b>Тема 10</b> Уширение линий поглощения и селективность анализа веществ. Двулучевая методика. Дифференциальные методики. Спектроскопия поглощения.	Всего аудиторных часов		
		1	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
11	<b>Тема 11</b> Флуоресцентная спектроскопия. Калориметрические методики.	Всего аудиторных часов		
		1	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
12	<b>Тема 12</b> Оптермическая и акустооптическая методики. Методы термолинзы и мираж-эффекта. Термофазовая спектроскопия.	Всего аудиторных часов		
		1	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
13	<b>Тема 13</b> Факторы, влияющие на параметры генерируемого излучения. Роль межмодовой конкуренции в лазере.	Всего аудиторных часов		
		0	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
14	<b>Тема 14</b> Полевое насыщение и уширение линий в активной и исследуемой среде. Одномодовая и двухмодовая спектроскопия насыщенного поглощения.	Всего аудиторных часов		
		0	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
15	<b>Тема 15</b> Внутрилазерная интерферометрия. Лазер как приемник излучения и дистанционная диагностика. Внутривибраторная лазерная спектроскопия.	Всего аудиторных часов		
		1	3	0
		Онлайн		
		0	0	0

Сокращенные наименования онлайн опций:

Обозначение	Полное наименование
ЭК	Электронный курс
ПМ	Полнотекстовый материал
ПЛ	Полнотекстовые лекции
ВМ	Видео-материалы
АМ	Аудио-материалы
Прз	Презентации
Т	Тесты
ЭСМ	Электронные справочные материалы
ИС	Интерактивный сайт

## 5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Во введении следует указать, что лазерная диагностика является частью более общего понятия  $\neg$  оптической диагностики и обратить внимание студентов на роль оптической диагностики, в первую очередь зрения, в жизни человека. Далее кратко рассказать о развитии оптики, оптических методов диагностики, появлении лазеров и лазерных методов диагностики.

Первая часть курса посвящена изложению основ лазерной интерферометрии. Опыт показывает, что, несмотря на то, что студенты уже изучали вопросы интерферометрии в курсах общей физики и физической оптики, целесообразно к ним вернуться, делая акцент на использование лазеров и открывшиеся возможности, связанные с уникальностью их излучения. Дать примеры практического использования основных типов интерферометров с использованием лазеров: интерферометра Маха-Цандера, Майкельсона, Жамена, Фабри-Перо, интерферометра бокового сдвига. Ввести понятие о фотометрической стабильности интерферометров, и привести типичные значения минимально измеримых величин изменения частоты, показателя преломления, перемещений и длины волны излучения. Важно указать на широкое применение лазерных интерферометров в научных исследованиях, в том числе для диагностики плазмы. Дать представление о квадратурных интерферометрах, сочетающих высокую чувствительность с большим динамическим диапазоном измерений.

Вторую часть курса следует посвятить вопросам достижения высокой фотометрической стабильности интерферометров и излагаемых позднее методов лазерной спектроскопии и анализа сред. Обсудить шумы основных видов: фликкер-шум, дробовой и тепловой шум фотоприемников, шум сопротивления. Вывести спектральное распределение дробового шума и, опираясь на его знание, описать метод узкополосного и синхронного детектирования сигналов. Затем изложить методы пассивной и активной стабилизации частоты и мощности генерации лазеров с привлечением техники синхронного детектирования.

В третьей части курса надо рассмотреть основные традиционные методы лазерной спектроскопии и анализа веществ, в первую очередь газоанализа: двухлучевой и дифференциальный метод, метод с регистрацией флюоресценции, оптотермический и оптоакустический методы, методы с использованием термолинзы и мираж-эффекта, термофазовые методы с применением интерферометров Маха-Цандера и Жамена. Дать сравнительный анализ возможностей этих методов для регистрации примесей в газах разного давления, в жидкостях и твердотельных средах.

В четвертой, последней части курса целесообразно рассмотреть активные методы лазерной диагностики, то есть методы, в которых лазеры используются не только в качестве хороших источников излучения, но и в качестве собственно измерителей. Для этого необходимо предварительно изложить достаточно простую, но достаточную для описания рассматриваемых методов, теорию двухмодовых газовых лазеров на базе скоростных уравнений в двух уровневой модели. Рассмотреть активный лазерный интерферометр и лазерную внутри доплеровскую спектроскопию. Целесообразно дать представление о квантовых стандартах частоты на базе He-Ne / CH<sub>4</sub> и He-Ne / I<sub>2</sub> лазеров. Теорию можно обобщить на лазеры с сильно уширенной активной средой и качественно рассмотреть метод внутри резонаторной лазерной спектроскопии на основе неодимового лазера на стекле.

Самостоятельная работа студентов необходима для закрепления полученных теоретических и практических знаний. Формой ее является домашняя подготовка к коллоквиуму и периодическому тестированию.

## 6. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Фонд оценочных средств по дисциплине обеспечивает проверку освоения планируемых результатов обучения (компетенций и их индикаторов) посредством мероприятий текущего, рубежного и промежуточного контроля по дисциплине.

Связь между формируемыми компетенциями и формами контроля их освоения представлена в следующей таблице:

Компетенция	Индикаторы освоения	Аттестационное мероприятие (КП 1)
ПК-1.5	З-ПК-1.5	Э, КИ-8, КИ-15
	У-ПК-1.5	Э, КИ-8, КИ-15
	В-ПК-1.5	Э, КИ-8, КИ-15
ПК-3	З-ПК-3	Э, КИ-8, КИ-15
	У-ПК-3	Э, КИ-8, КИ-15
	В-ПК-3	Э, КИ-8, КИ-15
ПК-4	З-ПК-4	Э, КИ-8, КИ-15
	У-ПК-4	Э, КИ-8, КИ-15
	В-ПК-4	Э, КИ-8, КИ-15
ПК-6	З-ПК-6	Э, КИ-8, КИ-15
	У-ПК-6	Э, КИ-8, КИ-15
	В-ПК-6	Э, КИ-8, КИ-15

## Шкалы оценки образовательных достижений

Шкала каждого контрольного мероприятия лежит в пределах от 0 до установленного максимального балла включительно. Итоговая аттестация по дисциплине оценивается по 100-балльной шкале и представляет собой сумму баллов, заработанных студентом при выполнении заданий в рамках текущего и промежуточного контроля.

Итоговая оценка выставляется в соответствии со следующей шкалой:

Сумма баллов	Оценка по 4-ех балльной шкале	Оценка ECTS	Требования к уровню освоению учебной дисциплины
90-100	5 – «отлично»	A	Оценка «отлично» выставляется студенту,

			если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, использует в ответе материал монографической литературы.
85-89	4 – «хорошо»	В	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твёрдо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос.
75-84		С	
70-74		Д	
65-69	3 – «удовлетворительно»	Е	Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала.
60-64			
Ниже 60	2 – «неудовлетворительно»	Ф	Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.

## 7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

### ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. ЭИ К 44 Квантовая и оптическая электроника : учебное пособие, Киселев Г. Л., Санкт-Петербург: Лань, 2020
2. ЭИ Б 82 Лазеры: применения и приложения : учебное пособие, Ивакин С. В. [и др.], Санкт-Петербург: Лань, 2021
3. 537 3-43 Принципы лазеров : , Звелто О., Санкт-Петербург [и др.]: Лань, 2008
4. 535 Д31 Современная лазерная спектроскопия : учебное пособие, Демтрёдер В., Долгопрудный: Интеллект, 2014

### ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. 535 Л17 Лазерная аналитическая спектроскопия : , Летохов В.С., М.: Наука, 1986

2. 535 Ж35 Лазерная оптико-акустическая спектроскопия : , Летахов В.С., Жаров В.П., М.: Наука, 1984
3. 536 Б82 Основы оптики : , Вольф Э., Борн М., М.: Наука, 1970
4. 535 Л52 Принципы нелинейной лазерной спектроскопии : , Летахов В.С., Чеботаев В.П., М.: Наука, 1975

#### ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

Специальное программное обеспечение не требуется

#### LMS И ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ:

<https://online.mephi.ru/>

<http://library.mephi.ru/>

### **8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

Специальное материально-техническое обеспечение не требуется

### **9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ СТУДЕНТОВ**

Текущий контроль с 1 по 7 неделю проводится посредством 5 тестирований в начале занятий. Каждый тест содержит 5 заданий. Выполнение задания оценивается в 1 балл. Максимальное количество баллов за 1 раздел: 25, Минимальное: 15. С 8 по 15 неделю проводится 3 теста по 5 заданий. Выполнение задания оценивается в 1 балл. До 15 недели должен быть написан, оформлен и сдан реферат. Максимальное количество баллов: 10, Минимальное: 5. Максимальное количество баллов за 2 раздел: 25, Минимальное: 15.

Студентам перед началом занятий надо учесть, что курс является авторским и полноценного учебника по нему не существует. Поэтому следует аккуратно посещать лекции, перед очередной лекцией прорабатывать предыдущий материал и не стесняться задавать вопросы преподавателю. Следует учесть, что изучаемый курс опирается на многие вопросы, изучаемые в курсах: «Квантовая радиофизика», «Теоретическая квантовая электроника», «Радиофизика», «Атомная и молекулярная спектроскопия», «Экспериментальные методы лазерной физики» и «Физическая оптика». Можно обращаться к соответствующим разделам этих курсов, конспектам и рекомендованной для них литературе. При изучении методов: оптотермическая и оптоакустическая спектроскопия, флуоресцентная спектроскопия и внутри резонаторная лазерная спектроскопия, надо иметь в виду, что эти темы подкреплены описаниями к соответствующим лабораторным работам, которые имеются в библиотеке кафедры

### **10. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ**

Во введении следует указать, что лазерная диагностика является частью более общего понятия – оптической диагностики и обратить внимание студентов на роль оптической

диагностики, в первую очередь зрения, в жизни человека. Далее кратко рассказать о развитии оптики, оптических методов диагностики, появлении лазеров и лазерных методов диагностики.

Первая часть курса посвящена изложению основ лазерной интерферометрии. Опыт показывает, что, несмотря на то, что студенты уже изучали вопросы интерферометрии в курсах общей физики и физической оптики, целесообразно к ним вернуться, делая акцент на использование лазеров и открывшиеся возможности, связанные с уникальностью их излучения. Дать примеры практического использования основных типов интерферометров с использованием лазеров: интерферометра Маха-Цандера, Майкельсона, Жамена, Фабри-Перо, интерферометра бокового сдвига. Ввести понятие о фотометрической стабильности интерферометров, и привести типичные значения минимально измеримых величин изменения частоты, показателя преломления, перемещений и длины волны излучения. Важно указать на широкое применение лазерных интерферометров в научных исследованиях, в том числе для диагностики плазмы. Дать представление о квадратурных интерферометрах, сочетающих высокую чувствительность с большим динамическим диапазоном измерений.

Вторую часть курса следует посвятить вопросам достижения высокой фотометрической стабильности интерферометров и излагаемых позднее методов лазерной спектроскопии и анализа сред. Обсудить шумы основных видов: фликкер-шум, дробовой и тепловой шум фотоприемников, шум сопротивления. Вывести спектральное распределение дробового шума и, опираясь на его знание, описать метод узкополосного и синхронного детектирования сигналов. Затем изложить методы пассивной и активной стабилизации частоты и мощности генерации лазеров с привлечением техники синхронного детектирования.

В третьей части курса надо рассмотреть основные традиционные методы лазерной спектроскопии и анализа веществ, в первую очередь газоанализа: двухлучевой и дифференциальный метод, метод с регистрацией флюоресценции, оптотермический и оптоакустический методы, методы с использованием термолинзы и мираж-эффекта, термофазовые методы с применением интерферометров Маха-Цандера и Жамена. Дать сравнительный анализ возможностей этих методов для регистрации примесей в газах разного давления, в жидкостях и твердотельных средах.

В четвертой, последней части курса целесообразно рассмотреть активные методы лазерной диагностики, то есть методы, в которых лазеры используются не только в качестве хороших источников излучения, но и в качестве собственно измерителей. Для этого необходимо предварительно изложить достаточно простую, но достаточную для описания рассматриваемых методов, теорию двухмодовых газовых лазеров на базе скоростных уравнений в двух уровневой модели. Рассмотреть активный лазерный интерферометр и лазерную внутри доплеровскую спектроскопию. Целесообразно дать представление о квантовых стандартах частоты на базе He-Ne / CH<sub>4</sub> и He-Ne / I<sub>2</sub> лазеров. Теорию можно обобщить на лазеры с сильно уширенной активной средой и качественно рассмотреть метод внутри резонаторной лазерной спектроскопии на основе неодимового лазера на стекле.

Самостоятельная работа студентов необходима для закрепления полученных теоретических и практических знаний. Формой ее является домашняя подготовка к коллоквиуму и периодическому тестированию.

Автор(ы):

Козин Геннадий Иванович, к.ф.-м.н., с.н.с.