

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] 12.04.05 Лазерная техника и лазерные технологии

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	7	23	0		42	0	Э
Итого	3	108	7	23	0	0	42	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			
формулирование задачи и плана научного исследования в области лазерной физики, техники и лазерных технологий на основе проведения библиографической работы с применением современных информационных технологий; построение математических моделей объектов исследования, выбор алгоритма решения задачи; теоретические и экспериментальные исследования в области физики лазеров, взаимодействия лазерного излучения с веществом, лазерных технологий; разработка методов лазерной диагностики сред и объектов, лазерных медицинских технологий и технологий обработки материалов; оптических информационных технологий; разработка лазерных приборов и технологических систем различного назначения проведение оптических, фотометрических, электрических измерений с выбором технических средств и	процессы взаимодействия лазерного излучения с веществом, включая биологические объекты; лазерные приборы, системы и технологии различного назначения; процессы генерации, усиления, модуляции, распространения и детектирования лазерного излучения; элементная база лазерной техники, технологий и систем управления и транспорта лазерного излучения; математические модели объектов исследования; методы лазерно-физических измерений	ПК-1.1 [1] - способен разрабатывать новые методы лазерной диагностики сред и объектов, лазерные медицинские технологии и технологии обработки материалов; оптические информационные технологии <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 29.004	З-ПК-1.1[1] - Знать: современные методы и физические принципы, лежащие в основе лазерной диагностики сред и объектов, лазерных технологий; У-ПК-1.1[1] - Уметь: применять знания о методах лазерной диагностики, лазерных технологиях в профессиональной деятельности; В-ПК-1.1[1] - Владеть: навыками решения задач, связанных с разработкой новых методов лазерной диагностики, новых лазерных технологий

<p>обработкой результатов; оформление отчетов, статей, рефератов на базе современных средств редактирования и печати в соответствии с установленными требованиями</p>			
<p>формулирование задачи и плана научного исследования в области лазерной физики, техники и лазерных технологий на основе проведения библиографической работы с применением современных информационных технологий; построение математических моделей объектов исследования, выбор алгоритма решения задачи; теоретические и экспериментальные исследования в области физики лазеров, взаимодействия лазерного излучения с веществом, лазерных технологий; разработка методов лазерной диагностики сред и объектов, лазерных медицинских технологий и технологий обработки материалов; оптических информационных технологий; разработка лазерных приборов и технологических систем различного</p>	<p>процессы взаимодействия лазерного излучения с веществом, включая биологические объекты; лазерные приборы, системы и технологии различного назначения; процессы генерации, усиления, модуляции, распространения и детектирования лазерного излучения; элементная база лазерной техники, технологий и систем управления и транспорта лазерного излучения; математические модели объектов исследования; методы лазерно-физических измерений</p>	<p>ПК-1.3 [1] - способен применять знания основ лазерной спектроскопии, в том числе высокого спектрального и временного разрешения; физических эффектов при распространении лазерного излучения в нелинейных и диспергирующих средах; физических основ взаимодействия лазерного излучения с металлами, диэлектриками и полупроводниками, биологическими тканями; принципов и методов когерентно-оптических преобразований, хранения и обработки оптической информации при разработке лазерных систем и инновационных лазерных технологий</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 29.004</p>	<p>З-ПК-1.3[1] - Знать: основы лазерной спектроскопии, в том числе высокого спектрального и временного разрешения; физические эффекты при распространении лазерного излучения в нелинейных и диспергирующих средах; физические основы взаимодействия лазерного излучения с металлами, диэлектриками и полупроводниками, биологическими тканями; принципы и методы когерентно-оптических преобразований, хранения и обработки оптической информации ; У-ПК-1.3[1] - Уметь: применять знания основ лазерной спектроскопии, в том числе высокого спектрального и временного разрешения; физических эффектов при распространении лазерного излучения в нелинейных и диспергирующих средах; физических основ взаимодействия</p>

<p>назначения проведение оптических, фотометрических, электрических измерений с выбором технических средств и обработкой результатов; оформление отчетов, статей, рефератов на базе современных средств редактирования и печати в соответствии с установленными требованиями</p>			<p>лазерного излучения с металлами, диэлектриками и полупроводниками, биологическими тканями; принципов и методов когерентно- оптических преобразований, хранения и обработки оптической информации при разработке лазерных систем и инновационных лазерных технологий ; В-ПК-1.3[1] - Владеть: навыками решения задач, связанных с разработкой лазерных систем и инновационных лазерных технологий</p>
<p>формулирование задачи и плана научного исследования в области лазерной физики, техники и лазерных технологий на основе проведения библиографической работы с применением современных информационных технологий; построение математических моделей объектов исследования, выбор алгоритма решения задачи; теоретические и экспериментальные исследования в области физики лазеров, взаимодействия лазерного излучения с веществом, лазерных технологий; разработка методов лазерной диагностики</p>	<p>процессы взаимодействия лазерного излучения с веществом, включая биологические объекты; лазерные приборы, системы и технологии различного назначения; процессы генерации, усиления, модуляции, распространения и детектирования лазерного излучения; элементная база лазерной техники, технологий и систем управления и транспорта лазерного излучения; математические модели объектов</p>	<p>ПК-1.4 [1] - способен ставить экспериментальные задачи и проводить экспериментальные исследования в области взаимодействия излучения с веществом, лазерной диагностики и лазерных технологий; применять современные средства измерений, средства управления экспериментом, сбора и обработки данных</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 29.004</p>	<p>З-ПК-1.4[1] - Знать: основные методы экспериментальных исследований с применением лазеров, методы сбора и обработки данных; У-ПК-1.4[1] - Уметь: ставить экспериментальные задачи и проводить экспериментальные исследования в области взаимодействия излучения с веществом, лазерной диагностики и лазерных технологий; применять современные средства измерений, средства управления экспериментом, сбора и обработки данных; В-ПК-1.4[1] - Владеть: навыками проведения экспериментальных исследований в</p>

<p>сред и объектов, лазерных медицинских технологий и технологий обработки материалов; оптических информационных технологий; разработка лазерных приборов и технологических систем различного назначения проведение оптических, фотометрических, электрических измерений с выбором технических средств и обработкой результатов; оформление отчетов, статей, рефератов на базе современных средств редактирования и печати в соответствии с установленными требованиями</p>	<p>исследования; методы лазерно-физических измерений</p>		<p>области лазерной физики и лазерных технологий, применения современных средств измерений</p>
<p>формулирование задачи и плана научного исследования в области лазерной физики, техники и лазерных технологий на основе проведения библиографической работы с применением современных информационных технологий; построение математических моделей объектов исследования, выбор алгоритма решения задачи; теоретические и экспериментальные исследования в области физики</p>	<p>процессы взаимодействия лазерного излучения с веществом, включая биологические объекты; лазерные приборы, системы и технологии различного назначения; процессы генерации, усиления, модуляции, распространения и детектирования лазерного излучения; элементная база лазерной техники,</p>	<p>ПК-1 [1] - способен выбирать оптимальный метод и разрабатывать программы экспериментальных исследований лазерных приборов, систем, комплексов и технологий; проводить оптические, фотометрические и электрические измерения с выбором необходимых технических средств и обработкой полученных результатов</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 29.004</p>	<p>З-ПК-1[1] - Знать: основные методы исследований лазерных приборов, систем, комплексов и технологий; источники и приёмники оптического излучения; элементную базу лазерной техники; области применения лазерной техники и лазерных технологий; ; У-ПК-1[1] - Уметь: выбирать необходимые технические средства для проведения оптических,</p>

лазеров, взаимодействия лазерного излучения с веществом, лазерных технологий; разработка методов лазерной диагностики сред и объектов, лазерных медицинских технологий и технологий обработки материалов; оптических информационных технологий; разработка лазерных приборов и технологических систем различного назначения проведение оптических, фотометрических, электрических измерений с выбором технических средств и обработкой результатов; оформление отчетов, статей, рефератов на базе современных средств редактирования и печати в соответствии с установленными требованиями	технологий и систем управления и транспорта лазерного излучения; математические модели объектов исследования; методы лазерно-физических измерений		фотометрических и электрических измерений; обрабатывать полученные экспериментальные результаты ; В-ПК-1[1] - Владеть: навыками проведения оптических, фотометрических и электрических измерений, обработки экспериментальных данных
проектно-конструкторский			
анализ состояния научно технической проблемы, составление технического задания; постановка цели и задач проектирования лазерной техники и лазерных технологий на основе подбора и изучения литературных и патентных источников;	Лазерные приборы, системы и технологии различного назначения; элементная база лазерной техники, технологий, систем управления и транспорта лазерного излучения	ПК-1.5 [1] - способен ставить задачи по проектированию лазеров и оптических систем для инновационных применений в технологии, диагностике и научных исследованиях; использовать инновационные лазерные разработки в технологии,	З-ПК-1.5[1] - Знать: современный уровень развития лазерной техники и лазерных технологий; У-ПК-1.5[1] - Уметь: ставить задачи по проектированию лазеров и оптических систем для применений в технологии, диагностике и научных

<p>разработка функциональных и структурных схем лазерной техники и лазерных технологий с определением их физических принципов действия, структур и установлением технических требований на отдельные блоки и элементы; проектирование и конструирование лазерных приборов, систем, комплексов и технологий с использованием средств компьютерного проектирования, проведением проектных расчетов и технико-экономического обоснования.</p>		<p>диагностике сред и для оптических измерений, владеть лазерными методами обработки материалов;</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011</p>	<p>исследованиях; использовать инновационные лазерные разработки в технологии, диагностике сред и для оптических измерений,; В-ПК-1.5[1] - Владеть: лазерными методами обработки материалов, навыками проектирования лазерных систем, применения лазеров в технологии, для диагностики сред и оптических измерений,</p>
<p>анализ состояния научно технической проблемы, составление технического задания; постановка цели и задач проектирования лазерной техники и лазерных технологий на основе подбора и изучения литературных и патентных источников; разработка функциональных и структурных схем лазерной техники и лазерных технологий с определением их физических принципов действия, структур и установлением</p>	<p>Лазерные приборы, системы и технологии различного назначения; элементная база лазерной техники, технологий, систем управления и транспорта лазерного излучения</p>	<p>ПК-3 [1] - способен разрабатывать функциональные и структурные схемы приборов и систем лазерной техники с определением их физических принципов действия, структурно-логических связей и установлением технических требований на отдельные блоки и элементы</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011</p>	<p>З-ПК-3[1] - Знать: физические принципы действия приборов и систем лазерной техники, ; У-ПК-3[1] - Уметь: проводить сравнительный анализ изделий-аналогов; формулировать технические требования на отдельные блоки, узлы и элементы приборов и систем лазерной техники; разрабатывать и исследовать новые способы и принципы функционирования приборов и систем лазерной техники ; В-ПК-3[1] - Владеть: методами анализа и</p>

<p>технических требований на отдельные блоки и элементы;</p> <p>проектирование и конструирование лазерных приборов, систем, комплексов и технологий с использованием средств компьютерного проектирования, проведением проектных расчетов и технико-экономического обоснования.</p>			<p>расчета ожидаемых параметров разрабатываемых приборов и систем лазерной техники.</p>
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--	--	-----------------------------------------------------------------------------------------

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

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

№ п.п	Наименование раздела учебной дисциплины	Недели	Лекции/ Практи. (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, У-ПК-1, В-ПК-1, 3-ПК-1.1, У-ПК-1.1, В-ПК-1.1, 3-ПК-1.3, У-ПК-1.3, В-ПК-1.3, 3-ПК-1.4, У-ПК-1.4, В-ПК-1.4, 3-ПК-1.5, У-ПК-1.5, В-ПК-1.5, 3-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3
2	Часть 2	9-15	3/11/0		25	КИ-15	3-ПК-1, У-ПК-1, В-ПК-1,

							3-ПК-1.1, У-ПК-1.1, В-ПК-1.1, 3-ПК-1.3, У-ПК-1.3, В-ПК-1.3, 3-ПК-1.4, У-ПК-1.4, В-ПК-1.4, 3-ПК-1.5, У-ПК-1.5, В-ПК-1.5, 3-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3
	<i>Итого за 2 Семестр</i>		7/23/0		50		
	Контрольные мероприятия за 2 Семестр				50	Э	3-ПК-1, У-ПК-1, В-ПК-1, 3-ПК-1.1, У-ПК-1.1, В-ПК-1.1, 3-ПК-1.3, У-ПК-1.3, В-ПК-1.3, 3-ПК-1.4, У-ПК-1.4, В-ПК-1.4, 3-ПК-1.5, У-ПК-1.5, В-ПК-1.5, 3-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3

* – 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>	7	23	0
1-8	Часть 1	4	12	0

1	Тема 1 Введение. Задачи оптической диагностики и методы их решения.	Всего аудиторных часов		
		0	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
2	Тема 2 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	Тема 3 Общие характеристики двулучевых интерферометров: интерференционные выходы, оптическая развязка от лазера, видность интерференционной картины.	Всего аудиторных часов		
		1	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
4	Тема 4 Типы двулучевых интерферометров. Измеряемые величины. Измерения с визуализацией поля, в режиме счета полос, с фотоэлектрической регистрацией.	Всего аудиторных часов		
		0	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
5	Тема 5 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	Тема 6 Понятие о фотометрической стабильности. Примеры применения лазерных интерферометров.	Всего аудиторных часов		
		0	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
7	Тема 7 Узкополосное и синхронное детектирование сигналов. Причины нестабильности мощности и частоты генерации лазеров.	Всего аудиторных часов		
		1	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
8	Тема 8 Пассивные и активные методы автоподстройки мощности и частоты. Характеристики систем автоподстройки.	Всего аудиторных часов		
		1	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
9-15	Часть 2	3	11	0
9	Тема 9 Закон Бугера. Спектроскопия пропускания. Концентрационная чувствительность.	Всего аудиторных часов		
		0	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
10	Тема 10 Уширение линий поглощения и селективность анализа веществ. Двулучевая методика. Дифференциальные методики. Спектроскопия поглощения.	Всего аудиторных часов		
		1	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
11	Тема 11 Флуоресцентная спектроскопия. Калориметрические методики.	Всего аудиторных часов		
		1	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
12	Тема 12 Оптермическая и акустооптическая методики. Методы термолинзы и мираж-эффекта. Термофазовая спектроскопия.	Всего аудиторных часов		
		1	1	0
		Онлайн		
		0	0	0

13	Тема 13 Факторы, влияющие на параметры генерируемого излучения. Роль межмодовой конкуренции в лазере.	Всего аудиторных часов		
		0	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
14	Тема 14 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	Тема 15 Внутрилазерная интерферометрия. Лазер как приемник излучения и дистанционная диагностика. Внутрирезонаторная лазерная спектроскопия.	Всего аудиторных часов		
		0	2	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 – 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 / CH₄ и He-Ne / I₂ 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	З-ПК-1	Э, КИ-8, КИ-15
	У-ПК-1	Э, КИ-8, КИ-15
	В-ПК-1	Э, КИ-8, КИ-15
ПК-1.1	З-ПК-1.1	Э, КИ-8, КИ-15
	У-ПК-1.1	Э, КИ-8, КИ-15
	В-ПК-1.1	Э, КИ-8, КИ-15
ПК-1.3	З-ПК-1.3	Э, КИ-8, КИ-15
	У-ПК-1.3	Э, КИ-8, КИ-15
	В-ПК-1.3	Э, КИ-8, КИ-15
ПК-1.4	З-ПК-1.4	Э, КИ-8, КИ-15
	У-ПК-1.4	Э, КИ-8, КИ-15
	В-ПК-1.4	Э, КИ-8, КИ-15
ПК-1.5	З-ПК-1.5	Э, КИ-8, КИ-15

ПК-3	У-ПК-1.5	Э, КИ-8, КИ-15
	В-ПК-1.5	Э, КИ-8, КИ-15
	3-ПК-3	Э, КИ-8, КИ-15
	У-ПК-3	Э, КИ-8, КИ-15
	В-ПК-3	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»	B	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		C	
70-74		D	
65-69	3 – «удовлетворительно»	E	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»	F	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 З-43 Принципы лазеров : , Звелто О., Санкт-Петербург [и др.]: Лань, 2008
4. 535 ДЗ1 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 : , Летохов 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 : , Летохов 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, флюоресцентная спектроскопия и внутри резонаторная лазерная спектроскопия, надо иметь ввиду, 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 / CH₄ и He-Ne / I₂ 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.