

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

ПРАКТИКУМ ПО ФОТЕНИКЕ

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
1	3	108	0	0	64		44	0	30
2	3	108	0	0	64		44	0	30
Итого	6	216	0	0	128	0	88	0	

АННОТАЦИЯ

Содержание программы «Практикум по фотонике» развивает и дополняет необходимым практическим содержанием теоретические курсы по специальности «Фотоника и оптические информационные технологии», изучаемые в рамках подготовки магистров.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Целями дисциплины «Практикум по фотонике» должны быть закрепление у студентов теоретико-методологических знаний и профессиональных навыков в области фотоники и оптоинформатики

2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

В программе «Практикум по фотонике» как исходные использованы основные понятия и концепции теоретической базы, освоенной студентами при изучении курсов общей и теоретической физики, а также разделы основных математических дисциплин, входящих в программу подготовки магистров

Курс «Практикум по фотонике» входит в число базовых при подготовке научно-педагогических кадров в области современной лазерной физики, лазерных систем и лазерных технологий

Лабораторный практикум позволит студентам получить и развивать навыки измерительного эксперимента, современных методик сбора и обработки данных, а также ознакомиться с современной лазерной техникой и измерительной аппаратурой, применяемыми в физических исследованиях и испытаниях лазерной техники и технологии.

3. ФОРМИРУЕМЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Универсальные и(или) общепрофессиональные компетенции:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
УК-3 [1] – Способен организовывать и руководить работой команды, вырабатывая командную стратегию для достижения поставленной цели	3-УК-3 [1] – Знать: методики формирования команд; методы эффективного руководства коллективами; основные теории лидерства и стили руководства У-УК-3 [1] – Уметь: разрабатывать план групповых и организационных коммуникаций при подготовке и выполнении проекта; сформулировать задачи членам команды для достижения поставленной цели; разрабатывать командную стратегию; применять эффективные стили руководства командой для достижения поставленной цели В-УК-3 [1] – Владеть: умением анализировать, проектировать и организовывать межличностные, групповые и организационные коммуникации в команде для достижения поставленной цели; методами организации и управления коллективом

УК-6 [1] – Способен определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки	З-УК-6 [1] – Знать: методики самооценки, самоконтроля и саморазвития с использованием подходов здоровьесбережения У-УК-6 [1] – Уметь: решать задачи собственного личностного и профессионального развития, определять и реализовывать приоритеты совершенствования собственной деятельности; применять методики самооценки и самоконтроля; применять методики, позволяющие улучшить и сохранить здоровье в процессе жизнедеятельности В-УК-6 [1] – Владеть: технологиями и навыками управления своей познавательной деятельностью и ее совершенствования на основе самооценки, самоконтроля и принципов самообразования в течение всей жизни, в том числе с использованием здоровьесберегающих подходов и методик
--	---

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 стандарт-ПС, анализ опыта)	Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции
научно-исследовательский			
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	фундаментальные и прикладные научно-исследовательские разработки в области фотоники и оптоинформатики;	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 <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 29.004	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

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 документации; защита приоритета и новизны полученных результатов исследований с использованием юридической базы для охраны интеллектуальной собственности			профессиональной деятельности; В-ПК-1.5[1] - Владеть: навыками сравнительного анализа разработок лазеров, методов лазерной диагностики сред
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	фундаментальные и прикладные научно-исследовательские разработки в области фотоники и оптоинформатики;	ПК-1.6 [1] - способен ставить задачи и проводить экспериментальные исследования в области взаимодействия излучения с веществом, исследовать оптические свойства материалов, наноструктур и конденсированных сред	З-ПК-1.6[1] - Знать: оптические свойства материалов, наноструктур и конденсированных сред; У-ПК-1.6[1] - Уметь: проводить экспериментальные исследования в области взаимодействия излучения с веществом, исследования оптические свойства

(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 документации; защита приоритета и новизны полученных результатов исследований с использованием юридической базы для охраны интеллектуальной собственности		<i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 29.004	материалов; В-ПК-1.6[1] - Владеть: навыками постановки задач при проведении экспериментальных исследований в области взаимодействия излучения с веществом, при исследовании оптических свойств материалов
проектно-конструкторский			
анализ состояния научно-технической проблемы, постановка цели и задач проектирования приборов и систем фотоники и оптоинформатики;	элементная база полупроводниковых, волоконных и планарных лазеров; элементная база и системы преобразования и отображения	ПК-4 [1] - способен к разработке функциональных и структурных схем фотоники и оптоинформатики на уровне узлов, элементов, систем и	З-ПК-4[1] - Знать: физические принципы действия устройств и систем фотоники и оптоинформатики ; У-ПК-4[1] - Уметь: проводить сравнительный анализ

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 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.	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;	технологий <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011	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
анализ состояния научно-технической проблемы, постановка цели и задач проектирования приборов и систем	элементная база полупроводниковых, волоконных и планарных лазеров; элементная база и системы	ПК-6 [1] - способен участвовать в монтаже, наладке, испытаниях и сдаче в эксплуатацию опытных образцов	З-ПК-6[1] - Знать: принципы построения и состав оптических и оптоинформационных системы ; У-ПК-6[1] - Уметь:

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 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.	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;	<i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011	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.
---	---	--	---

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>1 Семестр</i>						
1	Первый раздел	1-8	0/0/32		25	КИ-8	3-ПК-1.5, У-ПК-1.5, В-ПК-1.5, 3-ПК-1.6, У-ПК-1.6, В-ПК-1.6, 3-ПК-4, У-ПК-4, В-ПК-4, 3-ПК-6, У-ПК-6, В-ПК-6, 3-УК-3, У-УК-3, В-УК-3, 3-УК-6, У-УК-6, В-УК-6
2	Второй раздел	9-16	0/0/32		25	КИ-16	3-ПК-1.5, У-ПК-1.5, В-ПК-1.5, 3-ПК-1.6, У-ПК-1.6, В-ПК-1.6, 3-ПК-4, У-ПК-4, В-ПК-4, 3-ПК-6, У-ПК-6, В-ПК-6, 3-УК-3, У-УК-3, В-УК-3, 3-УК-6, У-УК-6, В-УК-6
	<i>Итого за 1 Семестр</i>		0/0/64		50		
	Контрольные мероприятия за 1 Семестр				50	30	3-ПК-1.5, У-ПК-1.5, В-ПК-1.5, 3-ПК-1.6, У-ПК-1.6, В-ПК-1.6,

							3-ПК-4, У-ПК-4, В-ПК-4, 3-ПК-6, У-ПК-6, В-ПК-6, 3-УК-3, У-УК-3, В-УК-3, 3-УК-6, У-УК-6, В-УК-6
	<i>2 Семестр</i>						
1	первый раздел	1-8	0/0/32		25	КИ-8	3-ПК-1.5, У-ПК-1.5, В-ПК-1.5, 3-ПК-1.6, У-ПК-1.6, В-ПК-1.6, 3-ПК-4, У-ПК-4, В-ПК-4, 3-ПК-6, У-ПК-6, В-ПК-6, 3-УК-3, У-УК-3, В-УК-3, 3-УК-6, У-УК-6, В-УК-6
2	второй раздел	9-15	0/0/32		25	КИ-15	3-ПК-1.5, У-ПК-1.5, В-ПК-1.5, 3-ПК-1.6, У-ПК-1.6, В-ПК-1.6, 3-ПК-4, У-ПК-4, В-ПК-4, 3-ПК-6, У-ПК-6, В-ПК-6, 3-УК-3, У-УК-3, В-УК-3, 3-УК-6, У-УК-6, В-УК-6
	<i>Итого за 2 Семестр</i>		0/0/64		50		
	Контрольные мероприятия за 2				50	30	3-ПК-1.5, У-ПК-1.5,

	Семестр						В-ПК-1.5, 3-ПК-1.6, У-ПК-1.6, В-ПК-1.6, 3-ПК-4, У-ПК-4, В-ПК-4, 3-ПК-6, У-ПК-6, В-ПК-6, 3-УК-3, У-УК-3, В-УК-3, 3-УК-6, У-УК-6, В-УК-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
ЗО	Зачет с оценкой
КИ	Контроль по итогам
З	Зачет

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Недели	Темы занятий / Содержание	Лек., час.	Пр./сем., час.	Лаб., час.
	<i>1 Семестр</i>	0	0	64
1-8	Первый раздел	0	0	32
1	Занятие 1. Вводный инструктаж по правилам безопасности работы в учебных лабораториях. Правила безопасности при работе с электрооборудованием. Правила безопасности при работе на лазерных установках видимого и ближнего ИК-диапазонов. Правила работы с импульсными твердотельными лазерами.	Всего аудиторных часов		
		0	0	2
		Онлайн		
		0	0	0
2 - 4	Работа 1 Инжекционный лазер Работа знакомит с важнейшими энергетическими и спектральными характеристиками инжекционного лазера ближнего ИК или видимого диапазона с двойной гетероструктурой, а также с методами измерения этих характеристик. Как факультативное задание возможно измерение количественных показателей перестройки частоты лазера при изменениях тока накачки и температуры. Измерение важнейших излучательных характеристик	Всего аудиторных часов		
		0	0	14
		Онлайн		
		0	0	0

	инжекционного лазера с двойной гетероструктурой. По результатам измерений проводят оценки излучательной эффективности лазера. Наблюдение эволюции спектра излучения инжекционного лазера с двойной гетероструктурой при увеличении накачки, измерение ватт-амперной характеристики, измерение диаграмм направленности излучения, измерение зависимости сдвига частоты моды резонатора от тока накачки для оценок дисперсии в активной области, омического и теплового сопротивления кристалла. Сопоставление значений порогов генерации, полученных различными методами. Оценочные расчеты показателей эффективности лазера.			
5 - 8	Работа 2. Физические основы лазерной резки металлов Ознакомление с физическими процессами при лазерной резке металлов, элементами технологического оборудования для лазерной резки металлов. Проведение резки металла технологическим импульсным Nd:YAG лазером и анализ результата резки в зависимости от параметров лазерного излучения.	Всего аудиторных часов		
		0	0	16
		Онлайн		
		0	0	0
9-16	Второй раздел	0	0	32
9 - 11	Работа 3. Внутридоплеровская лазерная спектроскопия Работа знакомит с основами спектроскопии насыщения, методами получения спектрального разрешения, превышающего доплеровский предел. В рамках работы проводится исследование поглощения излучения полупроводникового лазера в парах рубидия.	Всего аудиторных часов		
		0	0	12
		Онлайн		
		0	0	0
12 - 13	Работа 4. Генерация второй гармоники Работа знакомит с нелинейными оптическими эффектами в кристаллах на примере внутррезонаторной генерации второй гармоники в неодимовом лазере с диодной накачкой. Изучение зависимости эффективности внутрлазерного преобразования во вторую гармонику от мощности накачки. Измерение ширины синхронизма.	Всего аудиторных часов		
		0	0	12
		Онлайн		
		0	0	0
14 - 16	Сдача отчетов Выполнение индивидуальных заданий	Всего аудиторных часов		
		0	0	8
		Онлайн		
		0	0	0
	<i>2 Семестр</i>	0	0	64
1-8	первый раздел	0	0	32
1	Инструктаж по порядку выполнения работ практикума и безопасности труда в учебной лаборатории Инструктаж по порядку выполнения работ практикума и безопасности труда в учебной лаборатории	Всего аудиторных часов		
		0	0	4
		Онлайн		
		0	0	0
2 - 4	Работа 1 Измерение параметров ультракоротких импульсов Работа знакомит с существующими методами измерения	Всего аудиторных часов		
		0	0	12
		Онлайн		

	параметров ультракоротких импульсов: энергии, мощности, спектра, длительности, зависимости фазы от времени. В ходе работы проводится измерение параметров фемтосекундного волоконного лазера. Проводится настройка автокоррелятора и измерение временных характеристик импульса	0	0	0
5 - 8	Работа 2 Газовый лазер Работа направлена на ознакомление с особенностями работы газовых лазеров с накачкой электрическим разрядом. В ходе работы студенты приобретают навыки юстировки резонатора на примере гелий-неонового лазера. Проводится построение его ватт-амперной характеристики, определение добротности резонатора, диапазона стабильности, влияния длины резонатора на мощность и расходимость излучения, излучение спектрального состава газовой смеси	Всего аудиторных часов		
		0	0	16
		Онлайн		
		0	0	0
9-15	второй раздел	0	0	32
9 - 11	Работа 3 Адаптивная оптика Работа знакомит с принципами работы датчика Шака-Гартмана и деформируемых зеркал, их видами и функциями. В ходе работы проводится отработка методики измерения и компенсации искажений волнового фронта лазерного излучения.	Всего аудиторных часов		
		0	0	12
		Онлайн		
		0	0	0
12 - 13	Работа 4 Двухлучевая интерферометрия Знакомство с принципами лазерной интерферометрии на примере двухлучевых интерферометров Майкельсона и Маха-Цендера. Анализ и сравнение различных оптических схем: квадратурной, дифференциальной, гетеродинной интерферометрии. Получение опыта сборки двухлучевого интерферометра видимого диапазона. Проведение измерений динамики движения зеркала. Самостоятельный анализ результатов измерений.	Всего аудиторных часов		
		0	0	8
		Онлайн		
		0	0	0
14 - 16	Обзорно-зачетные занятия Сдача отчетов, выполнение и сдача индивидуальных заданий	Всего аудиторных часов		
		0	0	12
		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

ТЕМЫ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

Недели	Темы занятий / Содержание
	<i>1 Семестр</i>
2 - 4	Работа 1 Инжекционный лазер Работа знакомит с важнейшими энергетическими и спектральными характеристиками инжекционного лазера ближнего ИК или видимого диапазона с двойной гетероструктурой, а также с методами измерения этих характеристик. Как факультативное задание возможно измерение количественных показателей перестройки частоты лазера при изменениях тока накачки и температуры. Измерение важнейших излучательных характеристик инжекционного лазера с двойной гетероструктурой. По результатам измерений проводят оценки излучательной эффективности лазера. Наблюдение эволюции спектра излучения инжекционного лазера с двойной гетероструктурой при увеличении накачки, измерение ватт-амперной характеристики, измерение диаграмм направленности излучения, измерение зависимости сдвига частоты моды резонатора от тока накачки для оценок дисперсии в активной области, омического и теплового сопротивления кристалла. Сопоставление значений порогов генерации, полученных различными методами. Оценочные расчеты показателей эффективности лазера.
5 - 8	Работа 2. Физические основы лазерной резки металлов Ознакомление с физическими процессами при лазерной резке металлов, элементами технологического оборудования для лазерной резки металлов. Проведение резки металла технологическим импульсным Nd:YAG лазером и анализ результата резки в зависимости от параметров лазерного излучения.
9 - 11	Работа 3. Внутридоплеровская лазерная спектроскопия Работа знакомит с основами спектроскопии насыщения, методами получения спектрального разрешения, превышающего доплеровский предел. В рамках работы проводится исследование поглощения излучения полупроводникового лазера в парах рубидия.
12 - 13	Работа 4. Генерация второй гармоники Работа знакомит с нелинейными оптическими эффектами в кристаллах на примере внутррезонаторной генерации второй гармоники в неодимовом лазере с диодной накачкой. Изучение зависимости эффективности внутрлазерного преобразования во вторую гармонику от мощности накачки. Измерение ширины синхронизма.

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Предусмотрено использование в учебном процессе интерактивных элементов проведения занятий (предварительные собеседования, компьютерные симуляции) в сочетании с

внеаудиторной самостоятельной работой с целью теоретической подготовки к практическим работам.

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)	Аттестационное мероприятие (КП 2)
ПК-1.5	З-ПК-1.5	ЗО, КИ-8, КИ-16	ЗО, КИ-8, КИ-15
	У-ПК-1.5	ЗО, КИ-8, КИ-16	ЗО, КИ-8, КИ-15
	В-ПК-1.5	ЗО, КИ-8, КИ-16	ЗО, КИ-8, КИ-15
ПК-1.6	З-ПК-1.6	ЗО, КИ-8, КИ-16	ЗО, КИ-8, КИ-15
	У-ПК-1.6	ЗО, КИ-8, КИ-16	ЗО, КИ-8, КИ-15
	В-ПК-1.6	ЗО, КИ-8, КИ-16	ЗО, КИ-8, КИ-15
ПК-4	З-ПК-4	ЗО, КИ-8, КИ-16	ЗО, КИ-8, КИ-15
	У-ПК-4	ЗО, КИ-8, КИ-16	ЗО, КИ-8, КИ-15
	В-ПК-4	ЗО, КИ-8, КИ-16	ЗО, КИ-8, КИ-15
ПК-6	З-ПК-6	ЗО, КИ-8, КИ-16	ЗО, КИ-8, КИ-15
	У-ПК-6	ЗО, КИ-8, КИ-16	ЗО, КИ-8, КИ-15
	В-ПК-6	ЗО, КИ-8, КИ-16	ЗО, КИ-8, КИ-15
УК-3	З-УК-3	ЗО, КИ-8, КИ-16	ЗО, КИ-8, КИ-15
	У-УК-3	ЗО, КИ-8, КИ-16	ЗО, КИ-8, КИ-15
	В-УК-3	ЗО, КИ-8, КИ-16	ЗО, КИ-8, КИ-15
УК-6	З-УК-6	ЗО, КИ-8, КИ-16	ЗО, КИ-8, КИ-15
	У-УК-6	ЗО, КИ-8, КИ-16	ЗО, КИ-8, КИ-15
	В-УК-6	ЗО, КИ-8, КИ-16	ЗО, 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-х 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		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	3 – «удовлетворительно»		
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 Б 73 Волоконные технологические лазеры и их применение : , Голубенко Ю. В., Богданов А. В., Санкт-Петербург: Лань, 2022
2. ЭИ П 30 Интерференция и дифракция для информационной фотоники : учебное пособие, Шамрай А. В., Петров В. М., Санкт-Петербург: Лань, 2020
3. 621.37 В27 Лабораторный практикум "Инжекционный лазер" : учебное пособие для вузов, Величанский В.Л., Егоров В.К., Москва: МИФИ, 2008
4. ЭИ Б 82 Лазеры: применения и приложения : , Ивакин С. В. [и др.], Санкт-Петербург: Лань, 2022
5. ЭИ Б 82 Лазеры: устройство и действие : , Ивакин С. В., Борейшо А. С., Санкт-Петербург: Лань, 2022
6. 535 К 43 Пособие по физике лазеров : , Кириллов Г.А., Захаров Н.Г., Саров: ФГУП РФЯЦ-ВНИИЭФ, 2020
7. ЭИ К 56 Физические основы лазерной резки толстых листовых материалов : учебное пособие, Фомин В. М., Ковалев О. Б., Москва: Физматлит, 2013

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. 621.37 К85 Лазеры ультракоротких импульсов и их применения : учебное пособие, Крюков П.Г., Долгопрудный: Интеллект, 2012
2. 535 С16 Оптика и фотоника. Принципы и применения Т.1 , Салех Б., Долгопрудный: Интеллект, 2012
3. 535 С16 Оптика и фотоника. Принципы и применения Т.2 , Салех Б., Долгопрудный: Интеллект, 2012
4. 535 Д31 Современная лазерная спектроскопия : учебное пособие, Демтрёдер В., Долгопрудный: Интеллект, 2014

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

В начале семестра студенты проходят общегрупповые занятия по темам:

Вводный инструктаж по правилам безопасности работы в учебных лабораториях на 1 неделе.

ПОДГОТОВКА К ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ

ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ проходят в соответствии с ПОИМЕННЫМИ РАСПИСАНИЯМИ, согласованными со студентами не позже чем за две недели до дня первого лабораторного занятия. Этот стартовый период следует использовать для подготовки к первой назначенной работе, не откладывая ее на последний вечер.

Следует иметь в виду, что многие лабораторные работы тематически дополняют лекционные курсы, и в их содержании соединены элементы разных теоретических и практических дисциплин. Для многих студентов тематика лабораторной работы будет опережать ее изложение в регулярных курсах лекций. По этой причине важно начинать подготовку к работе заранее, чтобы иметь возможность в нужной степени осмыслить основные понятия и теоретические положения по теме работы, которые должны быть известными из предшествующих и текущих учебных курсов.

При самостоятельной подготовке к очередной лабораторной работе студенту следует изучить ее описание, при необходимости обращаясь к дополнительной литературе, список которой включен в описание. При этом полезны учебники общего характера и лекционные

материалы по соответствующим учебным курсам. Кроме того, можно обратиться в учебную лабораторию за помощью в подборе дополнительной учебной и научной литературы по многим смежным темам. Наконец, можно использовать различные ресурсы Интернета.

Если при изучении подготовительных материалов у студента возникают затруднения или вопросы, ему полезно обратиться за разъяснением к преподавателям кафедры или в учебную лабораторию. Такая помощь со стороны старших коллег будет эффективной, если с описанием работы ознакомиться заблаговременно; в ином случае просто не будет времени для того, чтобы сформулировать вопрос и получить на него содержательный ответ. Тем более не будет времени для чтения литературы, рекомендованной в ответ на подобный вопрос.

Многолетний опыт показывает, что наибольшие затруднения при подготовке к лабораторным работам и обработке ее результатов возникают не только из-за недостатка знаний (в первую очередь по общей физике). Значительные трудности порождают разрозненность и отвлеченность знаний, недостаточное понимание взаимосвязей между разными разделами физики. Существенную роль в формировании целостной системы понятий должен играть сам лабораторный практикум, в ходе которого теоретические представления приобретают наглядное отображение в опыте. В отношении теоретического курса и лабораторного практикума по лазерной физике студентам следует обратить внимание на взаимные связи физики лазеров с физической оптикой, радиофизикой, квантовой теорией, физикой твердого тела (в особенности полупроводников) и теорией нелинейных колебательных систем. Теоретические основы лазерной физики изложены в лекционных курсах и широко известных учебниках (см. список рекомендованной дополнительной литературы).

Студентам в ходе лабораторного практикума нужно стараться использовать те преимущества, которые дает взаимодействие с преподавателем в режиме диалога. Рекомендуем задавать преподавателю вопросы по существу тематики работы и по технике эксперимента, чтобы как можно полнее уяснить взаимосвязанный комплекс представлений, лежащих в основе работы и практических применений лазеров в исследованиях, измерениях и технологических процессах.

Если исходный уровень знаний, приобретенный студентами при подготовке к работе и ранее, при изучении курсов общего характера, окажется явно недостаточным, то студентов к работе не допускают, и для них назначают дополнительное занятие не ранее чем через неделю. По соглашению с учебной лабораторией, такое дополнительное занятие может быть назначено на время вне основного расписания учебных занятий.

ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ОТЧЕТАМ ПО ЛАБОРАТОРНЫМ РАБОТАМ

Студентов, не сдавших отчеты по предыдущей работе, к очередной работе не допускают. Студенты, готовые сдать отчет по выполненной работе, должны обратиться к преподавателю и согласовать с ним время сдачи отчета до выполнения следующей. Предельный допустимый срок предъявления отчета – перед началом очередной, в день работы по расписанию.

По результатам проделанной работы каждый студент лично составляет персональный отчет. Он должен содержать:

- титульный лист;
- таблицы результатов наблюдений;
- краткое изложение результатов измерений;
- графики полученных зависимостей измеряемых величин;
- рукописный лист с заключением (краткой аннотацией работы).

Исполнение отчета может быть рукописным или печатным (кроме рукописного листа с заключением). По согласованию с преподавателем можно представить отчет в виде файла-документа MS Word, но и в этом случае лист с заключением должен быть рукописным.

На ТИТУЛЬНОМ листе отчета должно быть название работы, фамилия студента, дата выполнения работы, предусмотрено место для отметки преподавателя о приемке отчета.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ в отчете должно быть рукописным, немногословным и замкнутым. В нем недопустимы отсылки к тексту отчета, к таблицам, формулам и графикам. В тексте заключения основные результаты и выводы работы нужно представить в виде кратких и точных ответов на следующие ПЯТЬ вопросов:

- измерения каких физических величин и эффектов проведены (что измеряли?);
- какие методы измерений применены (каким методом?);
- какие результаты получены (каков результат?);
- какова точность полученных результатов (с какой точностью?);
- каковы главные источники погрешности измерений (чем ограничена точность?).

В записи численных результатов количество значащих цифр должно соответствовать заявленной точности измерений.

В заключениях отчетов не будут приняты утверждения: «... основной источник погрешности измерений – погрешности примененных средств измерений ...»; такое заявление (заклинание) обычно поспешно, ошибочно и наивно. При хорошей процедуре измерений сами средства измерений редко вносят в общую погрешность больше, чем одну треть. Наибольший вклад в бюджет погрешностей вносят трудно учитываемые факторы: ограниченная достоверность исходных данных, отклонения свойств реального объекта от его идеализированной модели, неучтенные взаимодействия и т.п. Поэтому, отвечая на вопрос о существенных причинах погрешностей, нужно привести хотя бы минимальную аргументацию, и в меру собственного разума проанализировать, в какой мере истинный объект не соответствует его умозрительному описанию формулами, уравнениями и пр.

Более подробные методические рекомендации по подготовке и выполнению работ приведены в сводном документе:

«Методические рекомендации и указания для студентов, выполняющих лабораторные работы в учебных лабораториях кафедры "Лазерная физика"»; В.К.ЕГОРОВ, 2009-2011

10. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ

В начале учебного семестра преподаватели, ведущие лабораторные занятия, должны изучить описания работ, сопровождающие материалы и документацию, предоставляемые учебной лабораторией. При этом особое внимание следует обращать на возможные изменения в сценариях работ и в методиках измерений. Такие изменения в сторону улучшения содержательности работ проходят постоянно.

В этот же период преподаватели, ведущие лабораторные занятия, должны пройти инструктаж на рабочих местах (установках), ознакомиться с аппаратурой в действии и самостоятельно провести основные действия, предусмотренные сценарием работы. Ничто не подрывает интерес студента к учебе так, как недостаточная подготовленность самого преподавателя в теории, ограниченность его знаний по теме и в смежных вопросах,

беспомощность перед экспериментальной установкой, неспособность оказать помощь студентам, безразличие к их работе.

В результате предварительной подготовки преподаватель обязан:

- знать теоретические основы тематики работы;
- знать и уметь объяснить устройство установки на уровне структурно-функциональной схемы;
- знать и уметь объяснить назначение, расположение и особенности действия всех основных органов управления и регулирования в измерительной и силовой аппаратуре;
- знать существенные номинальные количественные параметры аппаратуры, влияющие на безопасность работы и на точность измерений;
- знать диапазоны допустимых режимов работы установки, безопасных для людей и для аппаратуры, и следить за соблюдением этих режимов;
- уметь прокомментировать все наблюдаемые эффекты и причины их заметных отклонений от идеализированных моделей;
- знать все требования безопасности и следить за их выполнением;
- уметь ответить на все теоретические и практические вопросы, касающиеся полноценного проведения работы во всем ее объеме;
- знать правила оформления результатов измерений и отчета по работе.

Перед началом работы преподаватель проводит беседу со студентами для выяснения их готовности к выполнению работы. Такую беседу следует начать с ответа на те вопросы студентов, которые могли у них появиться при подготовке к работе. В частности, затруднения у студентов могут вызывать некоторые из контрольных вопросов, перечисленных в описании работы. Преподаватель должен помнить, что собеседование подчинено задачам эффективного обучения, и ему не нужно придавать форму экзамена. Не следует ограничивать собеседование тестированием по контрольным вопросам, приведенным в описании работы; во-первых, эти вопросы по большей части требуют развернутого и аргументированного ответа, а во-вторых, по этой же причине их следует рассматривать как поводы для обсуждения. Как правило, в описании работы контрольных вопросов приведено в несколько раз больше, чем их можно обсудить за отведенное на это время, поэтому преподавателю полезно по ходу собеседования выбирать те вопросы, где он предполагает обнаружить недостаточное понимание и, следовательно, обсуждение которых может быть наиболее поучительным.

Некоторые вопросы, на которых выявлены слабые знания, полезно обсуждать во время отчета. Обязательно нужно предложить студентам записать такие вопросы, подготовить ответы и непременно вернуться к ним во время отчета. Так же следует поступать и при повторном собеседовании, когда ранее студенты не были допущены к работе из-за неудовлетворительной подготовленности.

Если в собеседовании участвуют несколько студентов, то вопросы полезнее задавать персонально каждому в отдельности, а слушать ответы и обсуждать их сообща; и в некоторых случаях спрашивать у кого-либо из студентов, понятен ли ему ответ товарища и согласен ли он с ним, и в чем не согласен.

Следует иметь в виду, что многие лабораторные работы тематически дополняют лекционные курсы, и в их содержании соединены элементы разных теоретических и практических дисциплин. Обсуждение тематики и содержания работы должно помочь студентам глубже и подробнее изучить взаимосвязь этих дисциплин. Тем не менее, основой такого собеседования может быть только определенный необходимый начальный минимум

знаний, приобретенный студентами при подготовке к работе и ранее, при изучении курсов общего характера. Если исходный уровень знаний окажется явно недостаточным, то допускать студентов к работе нецелесообразно, и для них следует назначить дополнительное занятие не ранее чем через неделю.

Вопросы по техническим деталям аппаратуры и методики наблюдений и измерений полезнее обсуждать не в предварительном собеседовании, а около установки или даже по ходу работы. В учебной лаборатории студенты получают первые практические сведения и навыки в технике оптико-физических измерений, и их предыдущую подготовку в этой части не следует считать достаточной. Это обстоятельство налагает на преподавателя обязанность хорошо изучить основы техники эксперимента хотя бы в той части, которая непосредственно относится к тематике руководимой им учебной лабораторной работы. Кроме того, полезно обсуждать технику эксперимента примерно по такому сценарию: например, спросив у студентов, почему в установке применен именно этот, а не иной фотоприемник, и не получив правильный ответ, нужно внятно объяснить, какими были основные критерии выбора, почему выбран приемник именно этого класса (фотодиод, фоторезистор, ФЭУ или иной). Далее следует кратко описать его рабочие характеристики и пояснить, насколько близок конкретный выбор к оптимуму. То же самое относится и ко всей прочей аппаратуре, с которой студенты знакомятся прежде всего в учебных лабораториях.

Если студенты слабо представляют себе физико-технические принципы действия некоторого устройства, полезно предложить им подготовить ответ к отчету.

Во время работы преподаватель должен наблюдать за ее выполнением и комментировать наблюдаемые эффекты. Такая практическая форма обучения не менее важна, чем теоретическая, но без участия квалифицированного преподавателя она может оказаться неэффективной, ограниченной малоосмысленным заполнением таблиц. По ходу работы преподаватель должен оценивать качество данных наблюдений и методическую корректность процесса измерений. Особое внимание нужно обращать на соответствие режима измерений параметрам теоретической модели, на основании которой подлежат интерпретации результаты наблюдений.

Прием отчета по лабораторной работе и собеседование перед ее началом нужно рассматривать и эффективно использовать как диалоговую форму индивидуального обучения, а этому виду учебной работы, к сожалению, в расписании отведено мало времени. В результате диалога с преподавателем студенту легче уяснить непосредственные и косвенные, глубинные взаимные связи разнородных (лишь на первый взгляд) эффектов, проявление общих закономерностей в частных случаях, и понять, где его знания ограничены, и в каких направлениях их нужно расширять. Как общий подход можно рекомендовать в предварительном собеседовании сосредотачивать внимание на теоретических идеализированных моделях, а в завершающей беседе, принимая отчет, обсудить отличие реальных объектов наблюдения от их теоретического представления.

По окончании работы преподаватель должен:

- проверить, выполнено ли задание в предусмотренном объеме;
- качественно оценить, достаточно ли информативны полученные результаты;
- дать нужные указания по обработке результатов наблюдений и оформлению их в отчете.

Принимая отчет, преподаватель должен оценить:

- объем исполнения задания;
- степень понимания тематики работы;
- корректность объяснения полученных результатов.

Заключение в отчете должно быть рукописным. Приучая студентов к хорошему стилю изложения, нужно без колебаний требовать переписать заключение с невнятными формулировками, неграмотными фразеологическими оборотами, неточной и неоднозначной терминологией. Если переписанный вариант неудачен, следует указать на недостатки и предложить устранить их в следующем варианте.

Ни в коем случае нельзя принимать в заключениях отчетов такие утверждения: «... основной источник погрешности измерений – погрешности примененных средств измерений ...»; студент должен дать хотя бы минимальную аргументацию в ответе на вопрос о существенных причинах погрешностей. При этом не стоит отклонять неверные (по мнению преподавателя) выводы студента о причинах погрешностей; полезнее аргументировано обсудить возникшие разногласия и «не давить авторитетом». Здесь во многих случаях разногласия возникают из-за неполного знания об исследуемом объекте и его окружении.

Автор(ы):

Краснов Виталий Вячеславович, к.ф.-м.н., доцент

Губский Константин Леонидович, к.ф.-м.н., доцент

Черёмхин Павел Аркадьевич, к.ф.-м.н., доцент

Чириков Сергей Николаевич, к.ф.-м.н., доцент