

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 ЛАЗЕРНОЙ ФИЗИКЕ

Направление подготовки  
(специальность)

[1] 12.03.05 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.	KCP, час.	Форма(ы) контроля, экз./зач./КР/КП
8	2	72	0	0	36		36	0	3
Итого	2	72	0	0	36	28	36	0	

## **АННОТАЦИЯ**

Целями дисциплины «Практикум по лазерной физике» должны быть закрепление у студентов теоретико-методологических знаний и профессиональных навыков в области прикладной физической оптики и лазерной физики.

### **1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

Целями дисциплины «Практикум по лазерной физике» должны быть закрепление у студентов теоретико-методологических знаний и профессиональных навыков в области прикладной физической оптики и лазерной физики.

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

Содержание программы «Практикум по лазерной физике» развивает и дополняет необходимым практическим содержанием теоретические курсы по специальности «Лазерные системы и технологии». В программе как исходные использованы основные понятия и концепции теоретической базы, освоенной студентами при изучении курсов общей и теоретической физики, а также разделы основных математических дисциплин.

Курс «Практикум по лазерной физике» входит в число базовых при подготовке научно-педагогических кадров в области современной лазерной физики и прикладной оптики.

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
--------------------------------	--

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			
Анализ поставленной задачи исследований в области лазерной техники и лазерных	процессы взаимодействия лазерного излучения с	ПК-2.2 [1] - Способен к применению основ теории колебаний (линейных,	3-ПК-2.2[1] - Знать: основы теории колебаний, принципы действия и типы

<p>технологий;- математическое моделирование процессов и объектов на базе стандартных пакетов автоматизированного проектирования и исследований, разработка программ и их отдельных блоков, отладка и настройка для решения задач лазерной техники и лазерных технологий; проведение экспериментальных исследований взаимодействия лазерного излучения с веществом; проведение измерений по заданным методикам с выбором технических средств и обработкой результатов; составление описаний проводимых исследований и разрабатываемых проектов; осуществление наладки, настройки, юстировки и опытной проверки лазерных приборов и лазерных технологических систем;</p>	<p>веществом, включая биологические объекты; лазерные приборы, системы и технологии различного назначения; процессы генерации, усиления, модуляции, распространения и детектирования лазерного излучения; программное обеспечение и компьютерное моделирование в лазерной технике и лазерных технологиях.</p>	<p>нелинейных, параметрически возбуждаемых и многомерных колебаний), использованию знаний о принципах действия и типах механических, электрических и оптических генераторов</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011</p>	<p>механических, электрических и оптических генераторов ; У-ПК-2.2[1] - Уметь: ставить и решать теоретические и экспериментальные задачи в области лазерной физики и техники, связанные с использованием колебательных процессов; В-ПК-2.2[1] - Владеть: методом фазовых диаграмм при исследовании колебательных систем, методом гармонического баланса, методом медленно меняющихся амплитуд и фаз</p>
<p>Анализ поставленной задачи исследований в области лазерной техники и лазерных технологий;- математическое моделирование процессов и объектов на базе стандартных пакетов автоматизированного проектирования и исследований, разработка программ и</p>	<p>процессы взаимодействия лазерного излучения с веществом, включая биологические объекты; лазерные приборы, системы и технологии различного назначения; процессы генерации,</p>	<p>ПК-2.3 [1] - Способен к использованию знаний о методах создания инверсной населенности в средах, полуклассическом описании лазера, характеристиках лазеров при стационарной генерации и динамике лазеров, типах лазеров, их современных разработках и</p>	<p>З-ПК-2.3[1] - Знать: методы создания инверсной населенности в средах, характеристики лазеров при стационарной генерации и динамику генерации лазеров, основные типы лазеров, основные применения лазеров;;</p>

<p>их отдельных блоков, отладка и настройка для решения задач лазерной техники и лазерных технологий; проведение экспериментальных исследований взаимодействия лазерного излучения с веществом; проведение измерений по заданным методикам с выбором технических средств и обработкой результатов; составление описаний проводимых исследований и разрабатываемых проектов; осуществление наладки, настройки, юстировки и опытной проверки лазерных приборов и лазерных технологических систем;</p>	<p>усиления, модуляции, распространения и детектирования лазерного излучения; программное обеспечение и компьютерное моделирование в лазерной технике и лазерных технологиях.</p>	<p>основных применениях лазеров;</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011</p>	<p>У-ПК-2.3[1] - Уметь: разрабатывать и анализировать методики проведения экспериментов по исследованию и применению лазеров и анализировать получаемые результаты; В-ПК-2.3[1] - Владеть: навыками самостоятельной постановки и решения задач, связанных с исследованием и применением лазеров и лазерных систем, оценки значимости и перспективы получаемых результатов;</p>
<p>Анализ поставленной задачи исследований в области лазерной техники и лазерных технологий;- математическое моделирование процессов и объектов на базе стандартных пакетов автоматизированного проектирования и исследований, разработка программ и их отдельных блоков, отладка и настройка для решения задач лазерной техники и лазерных технологий; проведение экспериментальных исследований взаимодействия лазерного излучения с</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; программное обеспечение и компьютерное моделирование в</p>	<p>ПК-2.4 [1] - Способен к использованию аппаратуры для спектрального анализа излучения, к работе с приемниками оптического излучения, современными измерительными приборами и системами;</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011</p>	<p>З-ПК-2.4[1] - Знать: принципы работы, а также устройство и характеристики приборов и установок, используемых в современном физическом эксперименте с использованием лазеров; У-ПК-2.4[1] - Уметь: формировать варианты и модели различных оптико-физических измерений, оценивать их и выбирать лучшие; В-ПК-2.4[1] - Владеть: навыками применения оптико-электронной и спектральной техники</p>

<p>веществом; проведение измерений по заданным методикам с выбором технических средств и обработкой результатов; составление описаний проводимых исследований и разрабатываемых проектов; осуществление наладки, настройки, юстировки и опытной проверки лазерных приборов и лазерных технологических систем;</p>	<p>лазерной технике и лазерных технологиях.</p>		<p>для решения практических задач</p>
<p>Анализ поставленной задачи исследований в области лазерной техники и лазерных технологий;- математическое моделирование процессов и объектов на базе стандартных пакетов автоматизированного проектирования и исследований, разработка программ и их отдельных блоков, отладка и настройка для решения задач лазерной техники и лазерных технологий; проведение экспериментальных исследований взаимодействия лазерного излучения с веществом; проведение измерений по заданным методикам с выбором технических средств и обработкой результатов; составление описаний проводимых исследований и разрабатываемых</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; программное обеспечение и компьютерное моделирование в лазерной технике и лазерных технологиях.</p>	<p>ПК-2 [1] - Способен к проведению измерений и исследования различных объектов по заданной методике</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 29.004, 40.011</p>	<p>3-ПК-2[1] - Знать основы электротехники и электроники, основы теории сигналов, основные физические методы измерений и исследований в области профессиональной деятельности.; У-ПК-2[1] - Уметь выбирать и использовать соответствующие ресурсы и оборудование для проведения исследований и измерений ; В-ПК-2[1] - Владеть методами и приемами исследований, а также навыками измерений по заданной методике в области профессиональной деятельности</p>

проектов; осуществление наладки, настройки, юстировки и опытной проверки лазерных приборов и лазерных технологических систем;			
Анализ поставленной задачи исследований в области лазерной техники и лазерных технологий; - математическое моделирование процессов и объектов на базе стандартных пакетов автоматизированного проектирования и исследований, разработка программ и их отдельных блоков, отладка и настройка для решения задач лазерной техники и лазерных технологий; проведение экспериментальных исследований взаимодействия лазерного излучения с веществом; проведение измерений по заданным методикам с выбором технических средств и обработкой результатов; составление описаний проводимых исследований и разрабатываемых проектов; осуществление наладки, настройки, юстировки и опытной проверки лазерных приборов и лазерных технологических систем;	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; программное обеспечение и компьютерное моделирование в лазерной технике и лазерных технологиях.	ПК-3 [1] - Способен к наладке, настройке, юстировке и опытной проверке приборов и систем  <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 29.004, 40.011	З-ПК-3[1] - знать основы теории измерений, основы работы с измерительной аппаратурой, основы оптико-физических измерений; ; У-ПК-3[1] - Уметь - пользоваться основными измерительными и сервисными приборами - юстировать оптические установки ; В-ПК-3[1] - Владеть методами и приемами наладки, настройки, юстировки и опытной проверки приборов и систем.
Анализ поставленной	разработка	ПК-5 [1] - Способен к	З-ПК-5[1] - Знать

<p>проектной задачи в области лазерной техники и лазерных технологий; участие в разработке функциональных и структурных схем на уровне узлов и элементов лазерных систем и технологий по заданным техническим требованиям; расчет, проектирование и конструирование в соответствии с техническим заданием типовых систем, приборов, деталей и узлов лазерных систем и технологий на схемотехническом и элементном уровнях; разработка и составление отдельных видов технической документации на проекты, их элементы и сборочные единицы; участие в монтаже, сборке (юстировке), испытаниях и сдаче в эксплуатацию опытных образцов лазерной техники и отработке элементов и этапов процессов лазерных технологий</p>	<p>лазерных приборов, систем и технологий различного назначения; элементная база лазерной техники, технологий, систем управления и транспорта лазерного излучения</p>	<p>участию в монтаже, наладке настройке, юстировке, испытаниях, сдаче в эксплуатацию опытных образцов, сервисном обслуживании и ремонте техники</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 29.002, 40.038</p>	<p>общие принципы, правила и методы электрических и оптикофизических измерений ; У-ПК-5[1] - Уметь выбрать метод монтажа, наладки настройки, юстировки, испытаний опытного образца разработать схему для монтажа, настройки, юстировки, испытаний формулировать и обосновывать требования к настройке, наладке, юстировке и сдаче в эксплуатацию опытных образцов техники ; В-ПК-5[1] - Владеть навыками монтажа, наладки, настройки, юстировки и проведения испытаний.</p>
---	---	--	---

#### 4. ВОСПИТАТЕЛЬНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ДИСЦИПЛИНЫ

Направления/цели воспитания	Задачи воспитания (код)	Воспитательный потенциал дисциплин
Профессиональное воспитание	Создание условий, обеспечивающих, формирование творческого инженерного/профессионального мышления, навыков организации коллективной проектной деятельности (В22)	1.Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для развития навыков коммуникации, командной работы и лидерства, творческого инженерного мышления, стремления следовать в профессиональной деятельности нормам


поведения, обеспечивающим нравственный характер трудовой деятельности и неслужебного поведения, ответственности за принятые решения через подготовку групповых курсовых работ и практических заданий, решение кейсов, прохождение практик и подготовку ВКР.

2.Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для: - формирования производственного коллективизма в ходе совместного решения как модельных, так и практических задач, а также путем подкрепление рационально-технологических навыков взаимодействия в проектной деятельности эмоциональным эффектом успешного взаимодействия, ощущением роста общей эффективности при распределении проектных задач в соответствии с сильными компетентностными и эмоциональными свойствами членов проектной группы.

## 5. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

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

№ п.п	Наименование раздела учебной дисциплины	Недели	Лекции/ Практ. (семинары)/ Лабораторные работы, час.	Обязат. текущий контроль (форма*, неделя)	Максимальный балл за раздел**	Аттестация раздела (форма*, неделя)	Индикаторы освоения компетенции
	<i>8 Семестр</i>						
1	Первый раздел	1-8	0/0/26		25	КИ-8	В-ПК-2, З-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3,

							3-ПК-5, У-ПК-5, В-ПК-5, 3-ПК-2.4, У-ПК-2.4, В-ПК-2.4, 3-ПК-2.2, У-ПК-2.2, В-ПК-2.2, 3-ПК-2.3, У-ПК-2.3, В-ПК-2.3, 3-ПК-2, У-ПК-2
2	Второй раздел	9-11	0/0/10		25	КИ-11	3-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3, 3-ПК-5, У-ПК-5, В-ПК-5, 3-ПК-2.4, У-ПК-2.4, В-ПК-2.4, 3-ПК-2.2, У-ПК-2.2, В-ПК-2.2, 3-ПК-2.3, У-ПК-2.3, В-ПК-2.3, 3-ПК-2, У-ПК-2, В-ПК-2
	<i>Итого за 8 Семестр</i>		0/0/36		50		
	<b>Контрольные мероприятия за 8 Семестр</b>				50	3	3-ПК-2, У-ПК-2, В-ПК-2, 3-ПК-2.4, У-ПК-2.4, В-ПК-2.4, 3-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3, 3-ПК-5, У-ПК-5, В-ПК-5

\* – 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
З	Зачет

## КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Недели	Темы занятий / Содержание	Лек., час.	Пр./сем., час.	Лаб., час.
	<i>8 Семестр</i>	0	0	36
<b>1-8</b>	<b>Первый раздел</b>	0	0	26
1	<b>Занятие 1. Вводный инструктаж по правилам безопасности работы в учебных лабораториях.</b> 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 Онлайн 0	0 0 0	36 2 0
2 - 4	<b>Работа 1. Неодимовый лазер</b> Работа знакомит с устройством твердотельного лазера с диодной накачкой. На примере неодимового лазера студенты изучают динамику излучения твердотельного лазера в режимах свободной генерации и пассивной модуляции добротности, а также возможности управления излучением при пассивной модуляции добротности. Измерение зависимости интенсивности излучения от мощности накачки. Изучение релаксационных колебаний мощности. Исследование режима пассивной модуляции добротности с вариацией энергии накачки.	Всего аудиторных часов 0 Онлайн 0	0 0 0	8 0
5 - 6	<b>Работа 2. Открытый оптический резонатор</b> Знакомство со свойствами собственных типов колебаний в открытом резонаторе, с применением сканирующего интерферометра для анализа спектра излучения лазера, с методами измерения и оценки основных параметров резонатора. Изучение спектра продольных и поперечных мод в коротком открытом резонаторе с использованием сканирующего интерферометра. Сопоставление полученного спектра с расчетным. Оценки добротности, дифракционных потерь для поперечных мод высших порядков, коэффициентов отражения зеркал	Всего аудиторных часов 0 Онлайн 0	0 0 0	8 0
7 - 8	<b>Работа 3 Флуоресцентная спектроскопия</b> Знакомство со структурой энергетических уровней атомов и молекул; электронными, колебательными и вращательными состояниями. Принцип Франка–Кондона. В ходе работы проводится экспериментальное исследование спектров флуоресценции молекулярного йода, возбуждаемой излучением Не–Не лазера на длине волны 633 нм, идентификация спектральных линий, определение констант скоростей безизлучательной столкновительной релаксации.	Всего аудиторных часов 0 Онлайн 0	0 0 0	8 0

<b>9-11</b>	<b>Второй раздел</b>	0	0	10
9 - 10	<b>Работа 4 Фемтосекундный лазер</b> Работа знакомит с основными принципами обращения волнового фронта когерентного излучения с целью коррекции его локальных фазовых искажений, а также со свойствами фоторефрактивного эффекта в кристаллах анизотропных широкозонных полупроводников. В ходе работы проводят измерения амплитудных и угловых характеристик когерентного рассеяния лазерного излучения на фазовой решетке в кристалле с диффузионным фоторефрактивным эффектом, изучения влияния оптической гиротропии кристалла на процессы записи решеток и процессы когерентного рассеяния света на них. В расширенном задании проводят измерение временных характеристик формирования, релаксации и разрушения решеток, сопоставляя их с зонной структурой и характеристиками связанных состояний внутри запрещенной зоны широкозонного полупроводника – фоторефрактивного кристалла.	Всего аудиторных часов 0 Онлайн 0	0 8 0	10
11	<b>Заключительные занятия</b> Защита лабораторных работ	Всего аудиторных часов 0 Онлайн 0	0 2 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>8 Семестр</i>
2 - 4	<b>Работа 1. Неодимовый лазер</b> Работа знакомит с устройством твердотельного лазера с диодной накачкой. На примере неодимового лазера студенты изучают динамику излучения твердотельного лазера в режимах свободной генерации и пассивной модуляции добротности, а также возможности управления излучением при пассивной модуляции добротности. Измерение зависимости интенсивности излучения от мощности накачки. Изучение релаксационных колебаний мощности. Исследование режима пассивной модуляции добротности с вариацией энергии накачки.
5 - 6	<b>Работа 2. Открытый оптический резонатор</b>

	<p>Знакомство со свойствами собственных типов колебаний в открытом резонаторе, с применением сканирующего интерферометра для анализа спектра излучения лазера, с методами измерения и оценки основных параметров резонатора.</p> <p>Изучение спектра продольных и поперечных мод в коротком открытом резонаторе с использованием сканирующего интерферометра. Сопоставление полученного спектра с расчетным. Оценки добротности, дифракционных потерь для поперечных мод высших порядков, коэффициентов отражения зеркал</p>
7 - 8	<p><b>Работа 3 Флуоресцентная спектроскопия</b></p> <p>Знакомство со структурой энергетических уровней атомов и молекул; электронными, колебательными и вращательными состояниями. Принцип Франка–Кондона.</p> <p>В ходе работы проводится экспериментальное исследование спектров флуоресценции молекулярного йода, возбуждаемой излучением Не-Не лазера на длине волны 633 нм, идентификация спектральных линий, определение констант скоростей безизлучательной столкновительной релаксации.</p>
9 - 10	<p><b>Работа 4 Фемтосекундный лазер</b></p> <p>Работа знакомит с основными принципами обращения волнового фронта когерентного излучения с целью коррекции его локальных фазовых искажений, а также со свойствами фоторефрактивного эффекта в кристаллах анизотропных широкозонных полупроводников.</p> <p>В ходе работы проводят измерения амплитудных и угловых характеристик когерентного рассеяния лазерного излучения на фазовой решетке в кристалле с диффузионным фоторефрактивным эффектом, изучения влияния оптической гиротропии кристалла на процессы записи решеток и процессы когерентного рассеяния света на них. В расширенном задании проводят измерение временных характеристик формирования, релаксации и разрушения решеток, сопоставляя их с зонной структурой и характеристиками связанных состояний внутри запрещенной зоны широкозонного полупроводника – фоторефрактивного кристалла.</p>

## 6. 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.

## 7. 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-2	З-ПК-2	3, КИ-8, КИ-11
	У-ПК-2	3, КИ-8, КИ-11
	В-ПК-2	3, КИ-8, КИ-11
ПК-2.2	З-ПК-2.2	КИ-8, КИ-11
	У-ПК-2.2	КИ-8, КИ-11

	В-ПК-2.2	КИ-8, КИ-11
ПК-2.3	З-ПК-2.3	КИ-8, КИ-11
	У-ПК-2.3	КИ-8, КИ-11
	В-ПК-2.3	КИ-8, КИ-11
ПК-2.4	З-ПК-2.4	З, КИ-8, КИ-11
	У-ПК-2.4	З, КИ-8, КИ-11
	В-ПК-2.4	З, КИ-8, КИ-11
ПК-3	З-ПК-3	З, КИ-8, КИ-11
	У-ПК-3	З, КИ-8, КИ-11
	В-ПК-3	З, КИ-8, КИ-11
ПК-5	З-ПК-5	З, КИ-8, КИ-11
	У-ПК-5	З, КИ-8, КИ-11
	В-ПК-5	З, КИ-8, КИ-11

### 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 иочно 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		B	
75-84		C	
70-74	4 – «хорошо»	D	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твёрдо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос.
65-69			
60-64	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.
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.
--	--	--	--

## **8. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА:**

1. ЭИ К 44 Квантовая и оптическая электроника : , Киселев Г. Л., Санкт-Петербург: Лань, 2022
2. 535 К43 Лазерно-флуоресцентная молекулярная спектроскопия : Учеб.пособие, Шнырев С.Л., Киреев С.В., М.: МИФИ, 2002
3. 621.37 К85 Лазеры ультракоротких импульсов и их применения : учебное пособие, Крюков П.Г., Долгопрудный: Интеллект, 2012
4. ЭИ Б 82 Лазеры: применения и приложения : , Ивакин С. В. [и др.], Санкт-Петербург: Лань, 2022
5. 621.37 Г65 Оптический резонатор : Описание лаб.работы: Учеб. пособие, Гончуков С.А., М.: МИФИ, 1988
6. 535 Д31 Современная лазерная спектроскопия : учебное пособие, Демтрёдер В., Долгопрудный: Интеллект, 2014

### **ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:**

1. 535 К43 Лабораторная работа "Лазерно-флуоресцентная спектроскопия молекул" : , Шнырев С.Л., Киреев С.В., М.: МИФИ, 2001
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

### **ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:**

Специальное программное обеспечение не требуется

### **LMS И ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ:**

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

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

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

Специальное материально-техническое обеспечение не требуется

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

В начале семестра студенты проходят общегрупповые занятия по теме:

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 назначеннной 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 ссылки 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 разумения проанализировать, в какой мере истинный объект не соответствует его умозрительному описанию формулами, уравнениями и пр.

## **11. 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, неспособностьказать помочь 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