

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 ФИЗИКИ ЛАЗЕРНОГО ТЕРМОЯДЕРНОГО СИНТЕЗА

ОДОБРЕНО УМС ЛАПЛАЗ

Протокол № 1/08-577

от 29.08.2024 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**  
**ОПТИКА ЛАЗЕРОВ (ЧАСТЬ 1)**

Направление подготовки [1] 16.03.02 Высокотехнологические плазменные и  
(специальность) энергетические установки

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
7	1	36	16	16	0	4	0	3	
Итого	1	36	16	16	0	0	4	0	

## **АННОТАЦИЯ**

Курс предназначен для углубленного изучения основных явлений физической оптики, наиболее востребованных при освоении таких областей, как лазерная физика, нелинейная и волоконная оптика. Является логическим продолжением курса "Методы и техника лазерного физического эксперимента". Рассмотрены следующие явления - дифракция, дисперсия и поляризации света, а также оптика анизотропных сред, различные физические процессы, лежащие в основе физики лазеров. Рассмотрены свойства усиливающей среды, основы теории резонаторов и методы создания инверсной населенности.

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

Задача курса - приобретение студентами знаний по свойствам активных сред лазеров, применение полученных знаний для изучения физики работы лазеров. Цель курса - ознакомление с различными типами лазеров и с возможностями применения лазеров в качестве источников когерентного, монохроматического излучения, изучение законов физической оптики, лежащих в основе физики лазеров.

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

Дисциплина базируется на курсах дисциплин «Физика: электричество и магнетизм», «Физика: волны и оптика», «Физика: физический практикум», «Теоретические основы электротехники», "Методы и техника лазерно-физического эксперимента", "Квантовая физика".

### **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
расчетно-экспериментальный с элементами научно-исследовательского			
Использование основных законов физики, оптики, лазеров и плазмы для описания и оценок	Параметры и характеристики физических объектов.	ПК-1.1 [1] - Способен использовать основные законы физики, оптики, лазеров и плазмы для описания и оценок	З-ПК-1.1[1] - Знать: основные понятия и законы физики оптики, лазеров и плазмы, основные

параметров и характеристик исследуемых физических объектов.		параметров и характеристик исследуемых физических объектов.  <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011	понятия, законы и модели, используемые для описания, изучения и оценки параметров и характеристик исследуемых физических объектов ; У-ПК-1.1[1] - Уметь: применять основные законы физики оптики, лазеров и плазмы для описания и оценок параметров и характеристик исследуемых физических объектов ; В-ПК-1.1[1] - Владеть: методами получения и анализа экспериментальных данных на основе законов физики оптики, лазеров и плазмы, используемые для описания, изучения и оценки параметров и характеристик исследуемых физических объектов.
Эксплуатация современных приборов и установок и системы диагностики в области лазерной физики.	Приборы, установки и системы диагностики в области лазерной физики.	ПК-1.2 [1] - Способен эксплуатировать современные приборы и установки и системы диагностики в области лазерной физики.  <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 29.002	З-ПК-1.2[1] - Знать: основные современные приборы и установки и диагностические системы, применяемые в лазерной физике; принципы действия современных приборов и установок и систем диагностики в области лазерной физики. ; У-ПК-1.2[1] - Уметь: эксплуатировать современные приборы и установки и системы диагностики в области лазерной физики; интерпретировать и

			оценивать результаты, полученные с помощью современных приборов, установок и систем диагностики в области лазерной физики. ; В-ПК-1.2[1] - Владеть: навыком получения, обработки и анализа экспериментальных результатов с помощью приборов, установок и систем диагностики в области лазерной физики.
--	--	--	--

#### 4. ВОСПИТАТЕЛЬНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ДИСЦИПЛИНЫ

Направления/цели воспитания	Задачи воспитания (код)	Воспитательный потенциал дисциплин
Профессиональное воспитание	Создание условий, обеспечивающих, формирование чувства личной ответственности за научно-технологическое развитие России, за результаты исследований и их последствия (В17)	1.Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для формирования чувства личной ответственности за достижение лидерства России в ведущих научно-технических секторах и фундаментальных исследованиях, обеспечивающих ее экономическое развитие и внешнюю безопасность, посредством контекстного обучения, обсуждения социальной и практической значимости результатов научных исследований и технологических разработок. 2.Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для формирования социальной ответственности ученого за результаты исследований и их последствия, развития исследовательских качеств посредством выполнения учебно-исследовательских заданий, ориентированных на изучение и проверку научных фактов, критический анализ публикаций в профессиональной области, вовлечения в реальные

		междисциплинарные научно-исследовательские проекты.
--	--	---

## 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>7 Семестр</i>						
1	Первый раздел	1-8	8/8/0		25	КИ-8	З-ПК-1.1, У-ПК-1.1, В-ПК-1.1, З-ПК-1.2, У-ПК-1.2, В-ПК-1.2
2	Второй раздел	9-16	8/8/0		25	КИ-16	З-ПК-1.1, У-ПК-1.1, В-ПК-1.1, З-ПК-1.2, У-ПК-1.2, В-ПК-1.2
	<i>Итого за 7 Семестр</i>		16/16/0		50		
	<b>Контрольные мероприятия за 7 Семестр</b>				50	3	З-ПК-1.1, У-ПК-1.1, В-ПК-1.1, З-ПК-1.2, У-ПК-1.2, В-ПК-1.2

\* – 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
3	Зачет

## КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Недели	Темы занятий / Содержание	Лек., час.	Пр./сем., час.	Лаб., час.
	<i>7 Семестр</i>	16	16	0
<b>1-8</b>	<b>Первый раздел</b>	8	8	0
1	<b>Волновая теория света.</b> Электромагнитная природа света. Теория Максвелла. Опыты Герца. Уравнения Максвелла. Волновое уравнение. Плоская волна. Сферическая волна. Модулированные волны и излучение реальных источников света. Спектральное разложение светового поля. Принцип суперпозиции.	Всего аудиторных часов 1 Онлайн 0	1 0	0
2	<b>Энергия электромагнитного поля световой волны.</b> Вектор Пойтинга.	Всего аудиторных часов 1 Онлайн 0	1 0	0
3	<b>Основные понятия фотометрии.</b> Поток излучения. Сила света. Освещенность. Энергетическая светимость.	Всего аудиторных часов 1 Онлайн 0	1 0	0
4	<b>Поляризация света</b> Поперечность световой волны. Состояние поляризации плоской гармонической волны. Эллиптическая, круговая, линейная поляризации. Немонохроматический свет. Естественная поляризация. Экспериментальные методы измерения поляризации.	Всего аудиторных часов 1 Онлайн 0	1 0	0
5	<b>Физика генерации излучения.</b> Опыт Герца. Атом как элементарный источник света. Классическая модель атома. Излучение заряда. Условия излучения. Расчет поперечной компоненты поля. Строгое решение задачи об излучении диполя. Гармонические колебания диполя. Полная мощность излучения диполя. Радиационное затухание.	Всего аудиторных часов 1 Онлайн 0	1 0	0
6	<b>Тепловое излучение.</b> Основные опытные факты. Методы исследования теплового излучения. Излучательная и поглощательная способность тел. Равновесное тепловое излучение. Закон Кирхгофа. Спектральная плотность равновесного теплового излучения. Термодинамика равновесного теплового излучения. Формула Рэлея-Джинса. Формула Планка. Закон Стефана-Больцмана. Закон смещения Вина.	Всего аудиторных часов 1 Онлайн 0	1 0	0
7	<b>Лазерное излучение.</b> Основные характеристики лазерного излучения.	Всего аудиторных часов 1 Онлайн 0	1 0	0
8	<b>Приближение геометрической оптики.</b> Распространение световой волны. Показатель преломления.	Всего аудиторных часов 1 Онлайн 0	1 0	0
<b>9-16</b>	<b>Второй раздел</b>	8	8	0
9 - 10	<b>Оптические явления на границе раздела сред.</b> Принцип Гюйгенса.	Всего аудиторных часов 2	2	0

		Онлайн		
		0	0	0
11	<b>Формула Френеля. Абберации.</b> Хроматическая аберрация. Оптическая аберрация.	Всего аудиторных часов		
		1	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
12 - 13	<b>Элементы матричной оптики.</b> Матричная формулировка геометрической оптики.	Всего аудиторных часов		
		2	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
14	<b>Гауссовые пучки.</b> Конфокальный резонатор. Распределение поля. Гауссовые пучки. Размер пятна. Расходимость излучения.	Всего аудиторных часов		
		1	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
15 - 16	<b>Резонаторы.</b> Открытые и закрытые резонаторы. Добротность резонатора. Однопроходные и многопроходные усилители.	Всего аудиторных часов		
		2	1	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

## ТЕМЫ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

Недели	Темы занятий / Содержание
	7 Семестр
1	<b>Волновое представление.</b> Электромагнитная природа света. Теория Максвелла. Опыты Герца. Уравнения Максвелла. Волновое уравнение. Плоская волна. Сферическая волна.
2 - 3	<b>Энергия электромагнитного поля световой волны и законы фотометрии.</b> Вектор Пойтинга. Поток излучения. Сила света. Освещенность.
4	<b>Основные типы поляризации световой волны.</b> Поперечность световой волны. Состояние поляризации плоской гармонической волны. Эллиптическая, круговая, линейная поляризации. Немонохроматический свет. Естественная поляризация.
5	<b>Генерации излучения.</b> Опыт Герца. Атом как элементарный источник света. Классическая модель атома. Излучение заряда. Условия излучения. Расчет поперечной компоненты поля. Гармонические колебания диполя. Полная мощность излучения диполя.
6 - 7	<b>Особенности теплового и лазерного излучений.</b> Основные опытные факты. Методы исследования теплового излучения.

	Излучательная и поглощательная способность тел. Равновесное тепловое излучение. Основные характеристики лазерного излучения.
8	<b>Геометрическая оптика.</b> Распространение световой волны. Показатель преломления.
9 - 10	<b>Оптические явления на границе раздела сред.</b> Принцип Гюйгенса.
11 - 13	<b>Абберации. Элементы матричной оптики.</b> Хроматическая аберрация. Оптическая аберрация. Матричная формулировка геометрической оптики.
14 - 16	<b>Резонаторы и гауссовые пучки.</b> Открытые и закрытые резонаторы. Добротность резонатора. Распределение поля. Конфокальный резонатор. Гауссовые пучки. Размер пятна.

## 6. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

При реализации программы дисциплины предусматривается использование в учебном процессе различных образовательных технологий с целью формирования и развития профессиональных навыков студентов. Аудиторные занятия предполагают применение на лекциях технических средств обучения (проектора-оверхеда, ПК и компьютерного проектора).

## 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-1.1	3-ПК-1.1	3, КИ-8, КИ-16
	У-ПК-1.1	3, КИ-8, КИ-16
	В-ПК-1.1	3, КИ-8, КИ-16
ПК-1.2	3-ПК-1.2	3, КИ-8, КИ-16
	У-ПК-1.2	3, КИ-8, КИ-16
	В-ПК-1.2	3, КИ-8, КИ-16

### 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		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			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»	E	
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 S96 Principles of Lasers : , Svelto, Orazio. , Boston, MA: Springer US, 2010
2. ЭИ S46 Semiconductor Lasers: Fundamentals and Applications : , , : Elsevier, 2013
3. 535 Л25 Когерентная фотоника : , Юу Ф.Т.С., Ларкин А.И., Москва: Бином. Лаборатория знаний, 2012

### **ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:**

1. 53 С12 Курс общей физики Кн.4 Волны. Оптика, Савельев И.В., Москва: Астрель. АСТ, 2008
2. 537 З-43 Принципы лазеров : , Звелто О., Санкт-Петербург [и др.]: Лань, 2008
3. 535 А95 Физическая оптика : учебник для вузов, Никитин С.Ю., Ахманов С.А., Москва: Наука, 2004

### **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**

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: «Атомная физика», «Электротехника», «Квантовая механика» и является своего рода логическим продолжением курса «Методы и техника лазерно-физического эксперимента». Можно обращаться к соответствующим разделам этих курсов, конспектам и рекомендованной для них литературе.

На лекции основное внимание следует уделять не формулам и математическим выкладкам, а содержанию изучаемых вопросов, определениям и постановкам задач. Перед началом занятий внимательно ознакомиться с учебным планом проведения лекций и списком рекомендованной литературы. В процессе изучения лекционного курса необходимо по возможности часто возвращаться к основным понятиям и методам. Желательно использовать конспекты лекций, в которых используется принятая преподавателем система обозначений. Следует работать с рекомендованными литературными источниками.

При возникновении серьезных трудностей при выполнении домашнего задания рекомендуется обращаться к преподавателю.

Изучение теоретических вопросов следует проводить по возможности самостоятельно, но при затруднениях обращаться к преподавателю. При выполнении фронтальных заданий по усмотрению преподавателя работа может быть оценена без письменного отчета на основе ответов на контрольные вопросы, при условии активной самостоятельной работы.

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

На первой лекции сделать общий обзор содержания курса. Дать перечень рекомендованной литературы и вновь появившихся литературных источников. Провести входной контроль знаний в форме устной беседы или опроса. Перед изложением текущего лекционного материала напомнить об основных итогах, достигнутых на предыдущих лекциях. С этой целью задать несколько вопросов аудитории и осуществить выборочный контроль знания студентов. Внимательно относиться к вопросам студентов и при необходимости давать дополнительные более подробные пояснения. При чтении лекций преимущественное внимание следует уделять качественным вопросам, формируя у студентов образное мышление, не следует

увлекаться математическими выкладками. Активная форма проведения лекционных занятий предполагает, в частности, что студенты самостоятельно прорабатывают отдельные разделы лекционного курса, на основе которых выполняется ряд заданий. На последней лекции делается обзор наиболее важных положений.

Основной упор рекомендуется сделать на вопросы физической оптики и волновой теории света. Устройству лазерных установок будет посвящена вторая часть курса, поэтому первый семестр рекомендуется завершить закреплением вопросов, связанных с матричной оптикой. При этом не рекомендуется особенно углубляться в теоретические выкладки, а основную массу времени посвятить качественному объяснению оптических явлений, лежащих в основе устройства и работы лазерных установок. Домашнее задание по курсу можно принимать как в индивидуальном порядке, так и в процессе совместного обсуждения на практических занятиях.

Автор(ы):

Вовченко Евгений Дмитриевич, к.ф.-м.н.