

**Министерство науки и высшего образования РФ**  
**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение**  
**высшего образования**  
**«Национальный исследовательский университет «МЭИ»**

---

Направление подготовки/специальность: 14.04.01 Ядерная энергетика и теплофизика

Наименование образовательной программы: Прикладная физика плазмы и управляемый термоядерный синтез

Уровень образования: высшее образование - магистратура

Форма обучения: Очная

**Рабочая программа дисциплины**  
**ПРИМЕНЕНИЕ ЛАЗЕРОВ В ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ**

<b>Блок:</b>	<b>Блок 1 «Дисциплины (модули)»</b>
<b>Часть образовательной программы:</b>	<b>Часть, формируемая участниками образовательных отношений</b>
<b>№ дисциплины по учебному плану:</b>	<b>Б4.Ч.02</b>
<b>Трудоемкость в зачетных единицах:</b>	<b>3 семестр - 3;</b>
<b>Часов (всего) по учебному плану:</b>	<b>108 часов</b>
<b>Лекции</b>	<b>3 семестр - 16 часов;</b>
<b>Практические занятия</b>	<b>3 семестр - 32 часа;</b>
<b>Лабораторные работы</b>	<b>не предусмотрено учебным планом</b>
<b>Консультации</b>	<b>проводится в рамках часов аудиторных занятий</b>
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>3 семестр - 59,7 часа;</b>
<b>в том числе на КП/КР</b>	<b>не предусмотрено учебным планом</b>
<b>Иная контактная работа</b>	<b>проводится в рамках часов аудиторных занятий</b>
<b>включая:</b>	
<b>Домашнее задание</b>	
<b>Промежуточная аттестация:</b>	
<b>Зачет с оценкой</b>	<b>3 семестр - 0,3 часа;</b>

**Москва 2022**

**ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:**

Преподаватель

(должность)

	<b>Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»</b>	
	<b>Сведения о владельце ЦЭП МЭИ</b>	
	Владелец	Мирошниченко В.И.
	Идентификатор	R0ce031da-MiroshnichenVI-05c1a7

(подпись)

В.И.  
Мирошниченко

(расшифровка подписи)

**СОГЛАСОВАНО:**

Руководитель  
образовательной  
программы

(должность, ученая степень, ученое  
звание)

	<b>Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»</b>	
	<b>Сведения о владельце ЦЭП МЭИ</b>	
	Владелец	Лукашевский М.В.
	Идентификатор	Re4b7e3cb-LukashevskyMV-6844ab

(подпись)

М.В.  
Лукашевский

(расшифровка подписи)

Заведующий выпускающей  
кафедры

(должность, ученая степень, ученое  
звание)

	<b>Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»</b>	
	<b>Сведения о владельце ЦЭП МЭИ</b>	
	Владелец	Дедов А.В.
	Идентификатор	R72c90f41-DedovAV-d71cc7f4

(подпись)

А.В. Дедов

(расшифровка подписи)

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цель освоения дисциплины:** создание у студентов теплофизиков ясного представления о лазерном излучении, принципах и механизмах его получения, особенностях распространения в различных веществах, методах управления и измерения его параметров для использования лазерного излучения в теплофизических исследованиях.

### Задачи дисциплины

- научить использованию лазерного излучения в экспериментальных теплофизических исследованиях.

Формируемые у обучающегося **компетенции** и запланированные **результаты обучения** по дисциплине, соотнесенные с **индикаторами достижения компетенций**:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
ПК-2 Способен применять расчетно-теоретические методы и экспериментальные навыки исследования процессов, используемых в атомной энергетике, термоядерных исследованиях, плазменных установках	ИД-2ПК-2 Владеет практическими навыками применения измерительных приборов и техники эксперимента, характерных для плазменных технологий	знать: - процессы, лежащие в основе лазерной генерации, и закономерности формирования поля излучения в резонаторе лазера; - методы описания лазерного излучения; - теплофизические методы исследования с применением лазерного излучения.  уметь: - самостоятельно пользоваться справочной литературой и методиками расчета и применять их для решения поставленной задачи.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к факультативным дисциплинам основной профессиональной образовательной программе Прикладная физика плазмы и управляемый термоядерный синтез (далее – ОПОП), направления подготовки 14.04.01 Ядерная энергетика и теплофизика, уровень образования: высшее образование - магистратура.

Базируется на уровне среднего общего образования.

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при выполнении выпускной квалификационной работы.

### 3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

#### 3.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единицы, 108 часов.

№ п/п	Разделы/темы дисциплины/формы промежуточной аттестации	Всего часов на раздел	Семестр	Распределение трудоемкости раздела (в часах) по видам учебной работы										Содержание самостоятельной работы/ методические указания	
				Контактная работа							СР				
				Лек	Лаб	Пр	Консультация		ИКР		ПА	Работа в семестре	Подготовка к аттестации /контроль		
КПР	ГК	ИККП	ТК												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
1	Раздел	35	3	4	-	12	-	-	-	-	-	19	-	<b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Раздел" <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], стр. 7-21	
1.1	Введение. Описание излучения и его взаимодействия с веществом	35		4	-	12	-	-	-	-	-	19	-		
2	Раздел	34		4	-	12	-	-	-	-	-	18	-		
2.1	Процессы, лежащие в основе лазерной генерации. Формирование поля излучения в резонаторе лазера	34		4	-	12	-	-	-	-	-	18	-		<b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Раздел" <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], стр. 25-47
3	Раздел	18		4	-	4	-	-	-	-	-	10	-		
3.1	Измерение параметров и управление лазерным излучением	18		4	-	4	-	-	-	-	-	10	-		<b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Раздел"
4	Раздел	20.7		4	-	4	-	-	-	-	-	12.7	-		
4.1	Применение лазеров в теплофизических исследованиях	20.7		4	-	4	-	-	-	-	-	12.7	-		<b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Раздел" <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [2], стр. 105-129 [3], стр. 210-257
	Зачет с оценкой	0.3		-	-	-	-	-	-	-	0.3	-	-		
	Всего за семестр	108.0		16	-	32	-	-	-	-	0.3	59.7	-		
	Итого за семестр	108.0	16	-	32	-	-	-	-	0.3	59.7	-			

**Примечание:** Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КПр – аудиторные консультации по курсовым проектам/работам; ИККП – индивидуальные консультации по курсовым проектам/работам; ГК- групповые консультации по разделам дисциплины; СР – самостоятельная работа студента; ИКР – иная контактная работа; ТК – текущий контроль; ПА – промежуточная аттестация

## 3.2 Краткое содержание разделов

### 1. Раздел

#### 1.1. Введение. Описание излучения и его взаимодействия с веществом

Исторический обзор развития лазерной техники. Общая схема применения лазеров в теплофизических исследованиях. Оптическое излучение, методы описания. Система уравнений Максвелла. Закон сохранения энергии электромагнитного поля. Волновые уравнения, волны в диэлектриках и металлах. Плотность потока энергии. Диэлектрики, поляризация, поляризуемость, диэлектрическая восприимчивость. Формула Клаузиуса-Мосотти. Комплексная диэлектрическая проницаемость. Дисперсионная кривая, тангенс угла диэлектрических потерь. Классическая теория дисперсии света в диэлектриках и металлах. Комплексный показатель преломления. Глубина проникновения волны в вещество, поглощение излучения. Отражение и преломление излучения. Формулы Френеля. Энергетические соотношения при отражении и преломлении. Спектральная фильтрация. Просветление оптики. Поляризация. Когерентность. Геометрическая оптика. Основные идеи матричной оптики. Матрицы преобразования лучей. Матричное описание свойств оптической системы. Гауссовы пучки.

### 2. Раздел

#### 2.1. Процессы, лежащие в основе лазерной генерации. Формирование поля излучения в резонаторе лазера

Фотоны и фотонные коллективы. Взаимодействие оптического излучения с веществом. Поглощение, спонтанное испускание, индуцированное испускание. Оптические переходы различной фотонной кратности. Возможность усиления излучения квантовыми системами. Активная среда. Линейный ко-ээффициент поглощения активной среды. Зависимость заселенности рабочих уровней от плотности потока излучения. Эффект насыщения. Переход из режима усиления в режим генерации. Условие стационарной генерации. Способы получения инвертированных сред. Механизмы заселения и очищения уровней. Классификация лазеров с учетом различных методов накачки. Оптическая накачка. Твердотельные лазеры. Условие реализации стационарной инверсии при оптической накачке. Двухуровневая и трехуровневая схемы. Вопросы практической реализации оптической накачки. Рабочие схемы лазеров. Рубиновый лазер. Лазер на иттрий-алюминиевом гранате с неодимом. Газовые лазеры. Аргоновый, гелий-неоновый, CO<sub>2</sub> – лазеры. Лазеры на красителях. Резонаторы. Формирование поля излучения в резонаторе лазера. Оптимальный коэффициент полезных потерь. Зависимость начального коэффициента усиления от частоты. Резонансные частоты. Принципы частотной селекции. Моды оптического резонатора. Пассивные и активные резонаторы. Устойчивые и неустойчивые резонаторы. Гауссовы пучки в устойчивых резонаторах. Динамика процессов в лазере. Причины нестационарности лазерной генерации. Режим свободной генерации. Генерация гигантских импульсов (активная и пассивная модуляция добротности). Режимы синхронизации продольных мод и разгрузки резонатора. Описание динамики процессов в лазерах..

### 3. Раздел

#### 3.1. Измерение параметров и управление лазерным излучением

Измерение параметров лазерного излучения. Методы и средства измерения энергетических параметров. Методы измерения пространственного распределения, расходимости. Ослабители излучения, дефлекторы. Фокусировка лазерного излучения. Зеркальная и линзовая оптика..

#### 4. Раздел

##### 4.1. Применение лазеров в теплофизических исследованиях

Использование лазеров в теплофизических исследованиях. Общие принципы. Примеры использования. Метод вспышки для измерения температуропроводности твердых тел. Исследование оптических свойств материалов при высоких температурах. Изучение комплекса теплофизических свойств импульсным методом..

### **3.3. Темы практических занятий**

1. Комплексный показатель преломления. Глубина проникновения волны в вещество, поглощение излучения;
2. Отражение и преломление излучения. Формулы Френеля. Энергетические соотношения при отражении и преломлении;
3. Фокусировка лазерного излучения;
4. Гауссовы пучки в устойчивых резонаторах;
5. Поглощение, спонтанное испускание, индуцированное испускание;
6. Матричное описание свойств оптической системы;
7. Поле температур при лазерном воздействии.

### **3.4. Темы лабораторных работ**

не предусмотрено

### **3.5 Консультации**

#### Групповые консультации по разделам дисциплины (ГК)

1. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Раздел"
2. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Раздел"
3. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Раздел"
4. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Раздел"

### **3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ**

Курсовой проект/ работа не предусмотрены

### 3.7. Соответствие разделов дисциплины и формируемых в них компетенций

Запланированные результаты обучения по дисциплине (в соответствии с разделом 1)	Коды индикаторов	Номер раздела дисциплины (в соответствии с п.3.1)				Оценочное средство (тип и наименование)
		1	2	3	4	
<b>Знать:</b>						
теплофизические методы исследования с применением лазерного излучения	ИД-2ПК-2				+	Домашнее задание/КМ4
методы описания лазерного излучения	ИД-2ПК-2	+				Домашнее задание/КМ1
процессы, лежащие в основе лазерной генерации, и закономерности формирования поля излучения в резонаторе лазера	ИД-2ПК-2		+			Домашнее задание/КМ2
<b>Уметь:</b>						
самостоятельно пользоваться справочной литературой и методиками расчета и применять их для решения поставленной задачи	ИД-2ПК-2			+		Домашнее задание/КМ3



#### **4. КОМПЕТЕНТНОСТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ)**

##### **4.1. Текущий контроль успеваемости**

**3 семестр**

Форма реализации: Выполнение задания

1. КМ2 (Домашнее задание)
2. КМ3 (Домашнее задание)
3. КМ4 (Домашнее задание)

Форма реализации: Письменная работа

1. КМ1 (Домашнее задание)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

##### **4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине**

*Зачет с оценкой (Семестр №3)*

В диплом выставляется оценка за 3 семестр.

**Примечание:** Оценочные материалы по дисциплине приведены в фонде оценочных материалов ОПОП.

#### **5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

##### **5.1 Печатные и электронные издания:**

1. Тарасов, Л. В. Введение в квантовую оптику : учебное пособие для вузов / Л. В. Тарасов . – 2-е изд. – М. : Эдиториал УРСС, 2008 . – 304 с. - ISBN 978-5-382-00481-5 .;
2. Борейшо А. С., Ивакин С. В.- "Лазеры: устройство и действие", (2-е изд., стер.), Издательство: "Лань", Санкт-Петербург, 2017 - (304 с.)  
<https://e.lanbook.com/book/93585>;
3. Борейшо А. С., Борейшо В. А., Евдокимов И. М., Ивакин С. В.- "Лазеры: применения и приложения", Издательство: "Лань", Санкт-Петербург, 2021 - (520 с.)  
<https://e.lanbook.com/book/168977>.

##### **5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:**

1. Office / Российский пакет офисных программ;
2. Acrobat Reader.

##### **5.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационно-справочные системы:**

1. Научная электронная библиотека - <https://elibrary.ru/>
2. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>

#### **6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
Учебные аудитории	Ж-120,	сервер, кондиционер

для проведения лекционных занятий и текущего контроля	Машинный зал ИВЦ	
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
Помещения для самостоятельной работы	А-110, Вычислительная лаборатория	стол преподавателя, стол компьютерный, стул, доска интерактивная, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, указка лазерная, многофункциональный центр, сервер, компьютер персональный, принтер, наборы демонстрационного оборудования
Помещения для консультирования	Т-207а, Кабинет сотрудников	
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	Т-213, Подсобное помещение	

## БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

### Применение лазеров в теплофизических исследованиях

(название дисциплины)

#### 3 семестр

**Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:**

КМ-1 КМ1 (Домашнее задание)

КМ-2 КМ2 (Домашнее задание)

КМ-3 КМ3 (Домашнее задание)

КМ-4 КМ4 (Домашнее задание)

**Вид промежуточной аттестации – Зачет с оценкой.**

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
		Неделя КМ:	4	8	12	16
1	Раздел					
1.1	Введение. Описание излучения и его взаимодействия с веществом		+			
2	Раздел					
2.1	Процессы, лежащие в основе лазерной генерации. Формирование поля излучения в резонаторе лазера			+		
3	Раздел					
3.1	Измерение параметров и управление лазерным излучением				+	
4	Раздел					
4.1	Применение лазеров в теплофизических исследованиях					+
Вес КМ, %:			25	25	25	25