

**Федеральное государственное автономное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Московский физико-технический институт  
(национальный исследовательский университет)»**

**УТВЕРЖДЕНО**

**Директор физтех-школы физики  
и исследований им. Ландау  
А.В. Рогачев**

	<b>Рабочая программа дисциплины (модуля)</b>
<b>по дисциплине:</b>	Лазерная техника
<b>по направлению:</b>	Ядерные физика и технологии
<b>профиль подготовки:</b>	Ядерная физика, УТС и компьютерные методы в физике Физтех-школа физики и исследований им. Ландау кафедра проблем инерционного термоядерного синтеза
<b>курс:</b>	1
<b>квалификация:</b>	магистр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 2 (весенний) - Экзамен

Аудиторных часов: 30 всего, в том числе:

лекции: 15 час.

семинары: 15 час.

лабораторные занятия: 0 час.

Самостоятельная работа: 30 час.

Подготовка к экзамену: 30 час.

Всего часов: 90, всего зач. ед.: 2

Программу составил: Б.А. Выскубенко, канд. физ.-мат. наук

Программа обсуждена на заседании кафедры проблем инерционного термоядерного синтеза 04.04.2022

## Аннотация

Дисциплина "Лазерная техника" знакомит с основными типами промышленных лазеров, достигнутыми на сегодняшний день, выходными характеристиками излучения, и основными направлениями практического применения лазерной техники в науке, технике, промышленном производстве. Большое внимание уделено общим вопросам взаимодействия лазерного излучения с веществом и основным эффектам этого взаимодействия. Области практического применения лазеров рассматриваются в связи с уникальными свойствами лазерного излучения и достигнутым уровнем выходных параметров лазерных источников. Изложение материала, как правило, ведётся на достаточно простом уровне без использования сложной математики. Особое внимание обращается на общепринятые в лазерной технике единицы измерений и параметры, их размерности и численные значения.

## 1. Цели и задачи

### Цель дисциплины

- ознакомление студентов с основными типами промышленных лазеров;
- освоение студентами физики работы мощного йодного фотодиссоциационного лазера и других мощных лазеров.

### Задачи дисциплины

- формирование базовых знаний в области физики лазеров, характеристик их выходного излучения;
- знакомство с основными направлениями практического применения лазерной техники в науке, технике, промышленном производстве;
- изучение общих вопросов взаимодействия лазерного излучения с веществом.

## 2. Перечень формируемых компетенций

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
УК-1 Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий	УК-1.1 Анализирует проблемную ситуацию как систему, выявляя ее составляющие и связи между ними
	УК-1.2 Осуществляет поиск вариантов решения поставленной проблемной ситуации на основе доступных источников информации
	УК-1.3 Разрабатывает стратегию достижения поставленной цели как последовательность шагов, предвидя результат каждого из них и оценивая их влияние на внешнее окружение планируемой деятельности и на взаимоотношения участников этой деятельности
УК-3 Способен организовывать и руководить работой команды, вырабатывая командную стратегию для достижения поставленной задачи	УК-3.1 Организует и координирует работу участников проекта, способствует конструктивному преодолению возникающих разногласий и конфликтов
	УК-3.2 Учитывает в своей социальной и профессиональной деятельности интересы, особенности поведения и мнения (включая критические) людей, с которыми работает/взаимодействует, в том числе посредством корректировки своих действий
	УК-3.3 Способен предвидеть результаты (последствия) как личных, так и коллективных действий
	УК-3.4 Способен планировать командную работу, распределять поручения членам команды, организовать обсуждение разных идей и мнений
	ПК-1.1 Знает физическое описание явлений и процессов в области ядерной физики и технологий

ПК-1 Способен к созданию теоретических и математических моделей в области ядерной физики и технологий	ПК-1.2 Умеет создавать теоретические и математические модели в области ядерной физики и технологий
	ПК-1.3 Владеет навыками работы с современными расчетными программными средствами
ПК-2 Готов применять методы исследования и расчета процессов, происходящих в современных физических установках и устройствах в области ядерной физики и технологий	ПК-2.1 Знает методы исследования и расчета процессов, происходящих в современных физических установках и устройствах в области ядерной физики и технологий
	ПК-2.2 Умеет рассчитывать и проводить исследования процессов, протекающих в современных физических установках и устройствах в области ядерной физики и технологий
	ПК-2.3 Владеет навыками использования информационных технологий и пакетов прикладных программ при проектировании и расчете устройств или объектов (установок, материалов, приборов) в своей предметной области
	ПК-2.4 Способен самостоятельно планировать и проводить научные исследования самостоятельно или в составе научного коллектива
ПК-3 Способен объективно оценить предлагаемое решение или проект по отношению к современному мировому уровню, подготовить экспертное заключение	ПК-3.1 Знает современный уровень развития науки и технологии, профессиональные проблемы в своей предметной области

### 3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- об основных направлениях практического применения лазеров в науке, технике, промышленном производстве;
- иметь представление о современном состоянии в разработке лазерных источников и достигнутыми на сегодняшний день выходными характеристиками.

уметь:

- находить подходы решения различных задач, встречающихся в экспериментальной практике, с помощью лазерных источников.

владеть:

- методологией выбора адекватных методов исследования;
- навыками самостоятельной работы в лаборатории и Интернете;
- культурой постановки и моделирования физических задач;
- основными навыками представления своих результатов на семинарах, конференциях;
- навыками освоения большого объема информации, включая работу с научной литературой;
- основными навыками написания научных статей;
- математическим моделированием физических задач;
- практикой исследования и решения теоретических и прикладных задач;
- методами анализа и применения лазерной техники для решения конкретных задач научных исследований.

### 4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

#### 4.1. Разделы дисциплины (модуля) и трудоемкости по видам учебных занятий

№	Тема (раздел) дисциплины	Трудоемкость по видам учебных занятий, включая самостоятельную работу, час.			
		Лекции	Семинары	Лаборат. работы	Самост. работа

1	Свойства лазерного излучения.	1	1		
2	Основные типы лазеров для практических применений.	1	1		
3	Взаимодействие лазерного излучения с веществом.	2	2		2
4	Лазеры в системах дистанционного контроля окружающей среды.	2	2		2
5	Лазеры в системах измерения размеров, линейных перемещений, оптического качества различных сред.	2	2		2
6	Применение лазеров в медицине.	2	2		2
7	Применение лазеров для обработки материалов.	2	2		22
8	Лазеры в военном деле.	2	2		
9	Основные тенденции современного развития лазерной техники и ее практического применения.	1	1		
Итого часов		15	15		30
Подготовка к экзамену		30 час.			
Общая трудоёмкость		90 час., 2 зач.ед.			

#### 4.2. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам)

Семестр: 2 (Весенний)

##### 1. Свойства лазерного излучения.

Введение в предмет.

Историческая справка. Этапы развития лазерных источников света.

Свойства лазерного излучения.

Монохроматичность, расходимость, когерентность излучения. Фокусировка лазерного излучения. Классификация задач, решаемых с использованием лазерных источников.

##### 2. Основные типы лазеров для практических применений.

Физические основы работы лазера. Общие принципы построения лазерных источников.

Классификация и основные характеристики лазеров.

Основные типы лазеров, разрабатываемых в ИЛФИ.

##### 3. Взаимодействие лазерного излучения с веществом.

Взаимодействие лазерного излучения с биологическими объектами.

Основные эффекты взаимодействия лазерного излучения с органами зрения и кожным покровом. Техника безопасности при работе с лазерами.

Прохождение лазерного излучения через атмосферу и другие среды.

Основные факторы взаимодействия, приводящие к ослаблению лазерного излучения при прохождении его в атмосферном воздухе, в водной среде.

##### 4. Лазеры в системах дистанционного контроля окружающей среды.

Методы дистанционного контроля окружающей среды, основанные на поглощении лазерного излучения.

Основные схемы дистанционного зондирования. Лидарное уравнение. Метод дифференциального поглощения. Определение утечек природного газа из магистральных газопроводов.

Методы дистанционного контроля окружающей среды, основанные на комбинационном рассеянии и флуоресценции. Определение загрязнения поверхности вод нефтепродуктами.

5. Лазеры в системах измерения размеров, линейных перемещений, оптического качества различных сред.

Интерферометры с лазерными источниками излучения. Интерферометрические методы измерения перемещений и оптических неоднородностей.

Лазерные дифракционные измерители размеров.

Дистанционное измерение скоростей потоков жидкости, газа. Основные измерительные схемы и процедуры измерений.

6. Применение лазеров в медицине.

Низкоинтенсивная лазерная терапия.

Спектральный диапазон и интенсивность лазерного излучения. Основные механизмы воздействия лазерного излучения на биологические объекты.

Силовая лазерная терапия.

Изменение физического состояния биоткани при воздействии лазерного излучения.

Термотерапия опухолей. Термопластика хрящевых тканей.

Лазерная хирургия.

Основные параметры лазерных источников, необходимые для рассеечения и удаления биоткани.

7. Применение лазеров для обработки материалов.

8. Лазеры в военном деле.

Лазерные целеуказатели и дальномеры. Лазерные локаторы.

Лазеры в устройствах функционального подавления оптико-электронных систем.

Лазеры для силового воздействия на объекты военной техники.

9. Основные тенденции современного развития лазерной техники и ее практического применения.

Лазеры с диодной накачкой.

Системы на основе нелинейного преобразования частоты лазерного излучения.

Основные современные направления применения мощных лазеров.

## **5. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)**

Учебная аудитория, оснащенная компьютером и мультимедийным оборудованием (проектор, звуковая система).

## **6.Перечень рекомендуемой литературы**

Основная литература

1. Дж. Реди. Промышленное применение лазеров. М., «Мир», 1981
2. У. Дьюли. Лазерная технология и анализ материалов. М., «Мир», 1986
3. К.И. Крылов, В.Т. Прокопенко, А.С. Митрофанов. Применение лазеров в машиностроении и приборостроении. Л., «Машиностроение», 1978

#### Дополнительная литература

1. Э.Д. Хинкли( ред) Лазерный контроль атмосферы. М., «Мир», 1979
2. Б. А. Алексеев и др. Лазеры и современное приборостроение. Материалы школы –семинара –выставки, С-Петербург,1991
3. Г.Г. Гурздян, В.Г. Дмитриев, Д.Н. Никогосян. Справочник. Нелинейно-оптические кристаллы. Свойства и применение в квантовой электронике. М., «Радио и связь» 1991
4. Ю.В. Афанасьев и др. Международный форум «Современные мощные лазеры и их применение» Квантовая электроника, 30, №5, 462-470,(2000)
5. В.П. Минаев «Лазерные аппараты для хирургии и силовой терапии на основе мощных полупроводниковых и волоконных лазеров». Квантовая электроника, 35, №11, 976-983,(2005).

#### **7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)**

1. <http://lib.mipt.ru/catalogue/> – электронная библиотека Физтеха.
2. <http://www.edu.ru> – федеральный портал «Российское образование».
3. <http://benran.ru> –библиотека по естественным наукам Российской академии наук.
4. <http://www.i-exam.ru> – единый портал Интернет-тестирования в сфере образования.
5. <http://ufn.ru/> «Успехи физических наук» обзоры по актуальным физическим проблемам.

#### **8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень необходимого программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)**

Skype, Zoom

На лекционных занятиях используются мультимедийные технологии, включая демонстрацию презентаций. Использование файлов (в формате pdf), содержащих визуальный материал для лекций в виде презентаций, а также при необходимости специализированных научных реферируемых журналов: российских (УФН, ЖЭТФ, письма в ЖЭТФ, Физика твердого тела и др) и англоязычных (Physical Review Letetrs, Physical Review A, Physical Review B, Journal of Chemical Physics, International Journal of Quantum Chemistry и др.), доступных через Internet. Для контроля и коррекции знаний обучающиеся могут использовать компьютерное тестирование, в том числе на портале [www.i-exam.ru](http://www.i-exam.ru).

#### **9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)**

Студент, изучающий дисциплину, должен, с одной стороны, овладеть общим понятийным аппаратом, а с другой стороны, должен научиться применять теоретические знания на практике.

В результате изучения дисциплины студент должен знать основные понятия и подходы к лазерной технике, знать основные модели и их недостатки и достоинства, применять полученные знания для решения различных задач.

Успешное освоение курса требует напряжённой самостоятельной работы студента. Самостоятельная работа включает в себя:

- проработку учебного материала (по материалам лекций в виде презентации), подготовку ответов на вопросы, предназначенных для самостоятельного изучения, доказательство отдельных утверждений, свойств;
- решение задач, предлагаемых студентам на лекциях и практических занятиях,
- подготовку к практическим занятиям, зачёту и экзамену.

Руководство и контроль за самостоятельной работой студента осуществляется в форме индивидуальных консультаций или контроля.

При подготовке к практическим занятиям необходимо повторять ранее изученный материал. В начале занятия, как правило, проводится короткий (10-15 минут) опрос по материалу прошедших занятий в устной или письменной форме. Так как важно добиться понимания изучаемого материала, при затруднении в восприятии материала студентам рекомендуется обращаться за консультациями к преподавателю.

Промежуточный контроль знаний проводится в виде зачета, на котором студенту предлагается письменно ответить на теоретический вопрос, решить одну задачу и ответить на вопросы по теме курса.

**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)**

<b>по направлению:</b>	Ядерная физика и технологии
<b>профиль подготовки:</b>	Ядерная физика, УТС и компьютерные методы в физике Физтех-школа физики и исследований им. Ландау кафедра проблем инерционного термоядерного синтеза
<b>курс:</b>	<u>1</u>
<b>квалификация:</b>	магистр
Семестр, формы промежуточной аттестации: 2 (весенний) - Экзамен	
<b>Разработчик:</b>	Б.А. Выскубенко, канд. физ.-мат. наук



## 1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
УК-1 Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий	УК-1.1 Анализирует проблемную ситуацию как систему, выявляя ее составляющие и связи между ними
	УК-1.2 Осуществляет поиск вариантов решения поставленной проблемной ситуации на основе доступных источников информации
	УК-1.3 Разрабатывает стратегию достижения поставленной цели как последовательность шагов, предвидя результат каждого из них и оценивая их влияние на внешнее окружение планируемой деятельности и на взаимоотношения участников этой деятельности
УК-3 Способен организовывать и руководить работой команды, вырабатывая командную стратегию для достижения поставленной задачи	УК-3.1 Организует и координирует работу участников проекта, способствует конструктивному преодолению возникающих разногласий и конфликтов
	УК-3.2 Учитывает в своей социальной и профессиональной деятельности интересы, особенности поведения и мнения (включая критические) людей, с которыми работает/взаимодействует, в том числе посредством корректировки своих действий
	УК-3.3 Способен предвидеть результаты (последствия) как личных, так и коллективных действий
	УК-3.4 Способен планировать командную работу, распределять поручения членам команды, организовать обсуждение разных идей и мнений
ПК-1 Способен к созданию теоретических и математических моделей в области ядерной физики и технологий	ПК-1.1 Знает физическое описание явлений и процессов в области ядерной физики и технологий
	ПК-1.2 Умеет создавать теоретические и математические модели в области ядерной физики и технологий
	ПК-1.3 Владеет навыками работы с современными расчетными программными средствами
ПК-2 Готов применять методы исследования и расчета процессов, происходящих в современных физических установках и устройствах в области ядерной физики и технологий	ПК-2.1 Знает методы исследования и расчета процессов, происходящих в современных физических установках и устройствах в области ядерной физики и технологий
	ПК-2.2 Умеет рассчитывать и проводить исследования процессов, протекающих в современных физических установках и устройствах в области ядерной физики и технологий
	ПК-2.3 Владеет навыками использования информационных технологий и пакетов прикладных программ при проектировании и расчете устройств или объектов (установок, материалов, приборов) в своей предметной области
	ПК-2.4 Способен самостоятельно планировать и проводить научные исследования самостоятельно или в составе научного коллектива
ПК-3 Способен объективно оценить предлагаемое решение или проект по отношению к современному мировому уровню, подготовить экспертное заключение	ПК-3.1 Знает современный уровень развития науки и технологии, профессиональные проблемы в своей предметной области

## 2. Показатели оценивания компетенций

В результате изучения дисциплины «Лазерная техника» обучающийся должен:

**знать:**

- об основных направлениях практического применения лазеров в науке, технике, промышленном производстве;
- иметь представление о современном состоянии в разработке лазерных источников и достигнутыми на сегодняшний день выходными характеристиками.

**уметь:**

- находить подходы решения различных задач, встречающихся в экспериментальной практике, с помощью лазерных источников.

**владеть:**

- методологией выбора адекватных методов исследования;
- навыками самостоятельной работы в лаборатории и Интернете;
- культурой постановки и моделирования физических задач;
- основными навыками представления своих результатов на семинарах, конференциях;
- навыками освоения большого объема информации, включая работу с научной литературой;
- основными навыками написания научных статей;
- математическим моделированием физических задач;
- практикой исследования и решения теоретических и прикладных задач;
- методами анализа и применения лазерной техники для решения конкретных задач научных исследований.

**3. Перечень типовых (примерных) вопросов, заданий, тем для подготовки к текущему контролю**

Перечень контрольных тем:

1. Взаимодействие лазерного излучения с веществом.
2. Лазеры в системах дистанционного контроля окружающей среды.
3. Применение лазеров в медицине.
4. Лазеры в военном деле.

**4. Перечень типовых (примерных) вопросов и тем для проведения промежуточной аттестации обучающихся**

Формы контроля: промежуточный – защита реферата, зачет, итоговый – экзамен

На экзамене студенту достается билет, где ему предлагается

- 1) письменно ответить на теоретический вопрос,
- 2) решить одну задачу и
- 3) ответить на вопросы по теме курса.

Теоретический вопрос выбирается из набора контрольных тем, приведенных ниже. Задача выбирается из списка контрольных задач, приведенных ниже. Некоторые из дополнительных (уточняющих) вопросов приведены ниже.

Вопросы к экзамену:

1. Основные типы и выходные характеристики излучения лазеров для промышленной обработки материалов.
2. Основные схемы лазерного дистанционного зондирования атмосферы. Лидарное уравнение. Метод дифференциального поглощения.
3. Метод комбинационного рассеяния и наведенной флюоресценции в системах дистанционного зондирования окружающей среды.
4. Спектральный диапазон излучения и выходные характеристики промышленных лазеров.
5. Интерферометры с лазерными источниками света.
6. Лазерные дифракционные измерители размеров
7. Сверление, сварка, резка и поверхностное упрочнение материалов.
8. Основные физические процессы и технологические схемы лазерной обработки материалов.
9. Основные современные направления применения мощных лазеров.
10. Классификация задач, решаемых с использованием лазерных источников.

11. Основные факторы взаимодействия, приводящие к ослаблению лазерного излучения при прохождении его в атмосферном воздухе, в водной среде.
12. Системы на основе нелинейного преобразования частоты лазерного излучения.
13. Взаимодействие лазерного излучения с биологическими объектами.
14. Лазерная терапия и хирургия.
15. Основные эффекты взаимодействия лазерного излучения с органами зрения и кожным покровом. Техника безопасности при работе с лазерами.
16. Лазеры в военном деле.

Перечень контрольных заданий.

1. Учет расходимости лазерного излучения.
2. Оценка поглощения лазерного излучения в атмосфере в ИК диапазоне.
3. Основные соотношения для лазерных интерферометров.
4. Окна прозрачности атмосферы в видимом и ИК диапазоне.
5. Расчет предельно допустимых уровней воздействия лазерного излучения на глаза и кожу.

Примеры экзаменационных билетов:

Билет 1.

1. Основные типы и выходные характеристики излучения лазеров для промышленной обработки материалов.
2. Расчет предельно допустимых уровней воздействия лазерного излучения на глаза и кожу..

Билет 2.

1. Метод комбинационного рассеяния и наведенной флюоресценции в системах дистанционного зондирования окружающей среды.
2. Основные соотношения для лазерных интерферометров.

Билет 3.

1. Основные физические процессы и технологические схемы лазерной обработки материалов.
2. Оценка поглощения лазерного излучения в атмосфере в ИК диапазоне.

Билет 4.

1. Системы на основе нелинейного преобразования частоты лазерного излучения.
2. Окна прозрачности атмосферы в видимом и ИК диапазоне.

Билет 5.

1. Лазеры в военном деле.
2. Учет расходимости лазерного излучения.

Перечень дополнительных (уточняющих) вопросов для сдачи экзамена:

1. Лидарное уравнение.
2. Выходные характеристики промышленных лазеров.
3. Взаимодействие лазерного излучения с биологическими объектами.
4. Лазерная терапия и хирургия.
5. Техника безопасности при работе с лазерами.

Критерии оценивания

Оценка отлично 10 баллов - выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины, проявляющему интерес к данной предметной области, продемонстрировавшему умение уверенно и творчески применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений.

Оценка отлично 9 баллов - выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений.

Оценка отлично 8 баллов - выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, правильное обоснование принятых решений, с некоторыми недочетами.

Оценка хорошо 7 баллов - выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но недостаточно грамотно обосновывает полученные результаты.

Оценка хорошо 6 баллов - выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач некоторые неточности.

Оценка хорошо 5 баллов - выставляется студенту, если он в основном знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач достаточно большое количество неточностей.

Оценка удовлетворительно 4 балла - выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, недостаточно правильные формулировки базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, но при этом он освоил основные разделы учебной программы, необходимые для дальнейшего обучения, и может применять полученные знания по образцу в стандартной ситуации.

Оценка удовлетворительно 3 балла - выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, допускающему ошибки в формулировках базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, слабо владеет основными разделами учебной программы, необходимыми для дальнейшего обучения и с трудом применяет полученные знания даже в стандартной ситуации.

Оценка неудовлетворительно 2 балла - выставляется студенту, который не знает большей части основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубые ошибки в формулировках основных принципов и не умеет использовать полученные знания при решении типовых задач.

Оценка неудовлетворительно 1 балл - выставляется студенту, который не знает основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубейшие ошибки в формулировках базовых понятий дисциплины и вообще не имеет навыков решения типовых практических задач.

## **5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности**

Экзамен проводится в устной форме по билетам. В каждом билете представлено один теоретический вопрос, одна задача и один уточняющий вопрос по теме курса. При проведении экзамена обучающемуся предоставляется 30 минут на подготовку. Опрос обучающегося не должен превышать одного астрономического часа.