

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 ИЯФИТ

Протокол № 01/08/24-573.1

от 30.08.2024 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

СОВРЕМЕННЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ФИЗИКИ: ЛАЗЕРЫ И ЛАЗЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Направление подготовки
(специальность)

[1] 14.05.02 Атомные станции: проектирование,
эксплуатация и инжиниринг

Семестр	Трудоемкость, кред.	Общий объем курса, час.	Лекции, час.	Практич. занятия, час.	Лаборат. работы, час.	В форме практической подготовки/ В	СРС, час.	КСР, час.	Форма(ы) контроля, экз./зач./КР/КП
6	3	108	30	30	0		12	0	Э
Итого	3	108	30	30	0	30	12	0	

АННОТАЦИЯ

В курсе лекций изучаются физические принципы, положенные в основу работы лазеров, а также освещается современное состояние лазерных технологий. Рассматриваются основные типы лазеров их конструктивные особенности, энергетические характеристики, параметры излучения. Основное внимание уделено применениям лазеров в научных исследованиях, медицине и в промышленности.

Учебной задачей курса является ознакомление студентов с основами квантовой электроники, лазерной физики, лазерными технологиями, а также их обучению методам лазерной диагностики. Полученные знания будут использоваться в дальнейшем при решении различных задач, в том числе связанных с научным профилем учебной группы.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Целями освоения учебной дисциплины являются формирование у будущих магистров знаний о физических принципах, положенных в основу работы лазеров, основных типах лазеров и их конструктивных особенностей, формирование знаний об основных направлениях лазерных технологий с использованием лазерных излучателей различного типа. Закрепление профессиональных навыков в области экспериментальной техники при разработке, исследовании и эксплуатации лазерных систем. Изучаются принципы работы, а также устройство и характеристики приборов и установок, используемых в современном физическом эксперименте и реализации современных лазерных технологий с применением лазеров.

2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Содержание программы представляет собой развитие полученных ранее знаний в области оптики, электродинамики, квантовой механики. В курсе используются основные понятия, концепции, представляющие собой теоретическую базу, освоенную студентами при изучении дисциплин в рамках освоения образовательной программы.

Изучение дисциплины позволит студентам получить и развить навыки проведения экспериментальных исследований характеристик лазерного излучения, использовать различные физические явления при решении задач управления лазерным излучением, а также оценивать возможности лазерных систем при применении в различных целях.

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;	Код и наименование индикатора достижения
--	---------------------------	--	--

		Основание (профессиональный стандарт-ПС, анализ опыта)	профессиональной компетенции
научно-исследовательский			
проектирование, создание и эксплуатация атомных станций и других ядерных энергетических установок, вырабатывающих, преобразующих и использующих тепловую и ядерную энергию, включая входящие в их состав системы контроля, защиты, управления и обеспечения ядерной и радиационной безопасности	ядерно-физические процессы, протекающие в оборудовании и устройствах для выработки, преобразования и использования ядерной и тепловой энергии; безопасность эксплуатации и радиационный контроль атомных объектов и установок;	ПК-2 [1] - Способен проводить математическое моделирование для анализа всей совокупности процессов в ядерно-энергетическом и тепломеханическом оборудовании АЭС <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 24.078, 40.008, 40.011	З-ПК-2[1] - знать методы математического анализа для моделирования процессов в ядерно-энергетическом и тепломеханическом оборудовании АЭС ; У-ПК-2[1] - уметь проводить математическое моделирование процессов в ядерно-энергетическом и тепломеханическом оборудовании АЭС,; В-ПК-2[1] - владеть стандартными пакетами автоматизированного проектирования и исследований
производственно-технологический			
проектирование, создание и эксплуатация атомных станций и других ядерных энергетических установок, вырабатывающих, преобразующих и использующих тепловую и ядерную энергию, включая входящие в их состав системы контроля, защиты, управления и обеспечения ядерной и радиационной безопасности	процессы контроля параметров, защиты и диагностики состояния ядерных энергетических установок; информационно-измерительная аппаратура и органы управления, системы контроля, управления, защиты и обеспечения безопасности, программно-технические комплексы информационных и управляющих систем ядерных энергетических установок	ПК-9 [1] - Способен анализировать нейтронно-физические, технологические процессы и алгоритмы контроля, управления и защиты ЯЭУ с целью обеспечения их эффективной и безопасной работы <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 24.028, 24.033	З-ПК-9[1] - Знать правила и нормы в атомной энергетике, критерии эффективной и безопасной работы ЯЭУ; ; У-ПК-9[1] - уметь анализировать нейтронно-физические, технологические процессы и алгоритмы контроля, управления и защиты ЯЭУ;; В-ПК-9[1] - владеть методами анализа нейтронно-физических и технологических процессов в ЯЭУ.
проектирование,	процессы контроля	ПК-10 [1] - Способен	З-ПК-10[1] - знать

создание и эксплуатация атомных станций и других ядерных энергетических установок, вырабатывающих, преобразующих и использующих тепловую и ядерную энергию, включая входящие в их состав системы контроля, защиты, управления и обеспечения ядерной и радиационной безопасности	параметров, защиты и диагностики состояния ядерных энергетических установок; информационно-измерительная аппаратура и органы управления, системы контроля, управления, защиты и обеспечения безопасности, программно-технические комплексы информационных и управляющих систем ядерных энергетических установок	провести оценку ядерной и радиационной безопасности при эксплуатации и выводе из эксплуатации ядерных энергетических установок, а также при обращении с ядерным топливом и радиоактивными отходами <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 24.028, 24.033	критерии ядерной и радиационной безопасности ЯЭУ; ; У-ПК-10[1] - уметь проводить оценки ядерной и радиационной безопасности ЯЭУ;; В-ПК-10[1] - владеть методами оценки ядерной и радиационной безопасности при эксплуатации ЯЭУ, а также при обращении с ядерным топливом и радиоактивными отходами
проектирование, создание и эксплуатация атомных станций и других ядерных энергетических установок, вырабатывающих, преобразующих и использующих тепловую и ядерную энергию, включая входящие в их состав системы контроля, защиты, управления и обеспечения ядерной и радиационной безопасности	процессы контроля параметров, защиты и диагностики состояния ядерных энергетических установок; информационно-измерительная аппаратура и органы управления, системы контроля, управления, защиты и обеспечения безопасности, программно-технические комплексы информационных и управляющих систем ядерных энергетических установок	ПК-11 [1] - Способен анализировать технологии монтажа, ремонта и демонтажа оборудования ЯЭУ применительно к условиям сооружения, эксплуатации и снятия с эксплуатации энергоблоков АЭС <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 24.032, 24.033	З-ПК-11[1] - знать правила техники безопасности при проведении монтажа, ремонта и демонтажа оборудования ЯЭУ; ; У-ПК-11[1] - уметь проводить монтаж, ремонт и демонтаж оборудования ЯЭУ применительно к условиям сооружения, эксплуатации и снятия с эксплуатации энергоблоков АЭС;; В-ПК-11[1] - владеть навыками монтажных и демонтажных работ на технологическом оборудовании
организационно-управленческий			
проектирование, создание и эксплуатация атомных станций и других ядерных энергетических установок, вырабатывающих,	теплофизические энергетические установки как объекты человеческой деятельности, связанной с их созданием и	ПК-12 [1] - Способен к организации рабочих мест, их техническому оснащению, размещению технологического оборудования	З-ПК-12[1] - знать нормативные документы и требования по организации рабочих мест; ; У-ПК-12[1] - уметь проводить

преобразующих и использующих тепловую и ядерную энергию, включая входящие в их состав системы контроля, защиты, управления и обеспечения ядерной и радиационной безопасности	эксплуатацией	Основание: Профессиональный стандарт: 24.032, 24.033	оптимизацию размещения технологического оборудования на рабочих местах;; В-ПК-12[1] - владеть принципами бережливого производства и непрерывного совершенствования технологических процессов
--	---------------	---	--

4. ВОСПИТАТЕЛЬНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ДИСЦИПЛИНЫ

Направления/цели воспитания	Задачи воспитания (код)	Воспитательный потенциал дисциплин
Профессиональное воспитание	Создание условий, обеспечивающих, формирование научного мировоззрения, культуры поиска нестандартных научно-технических/практических решений, критического отношения к исследованиям лженаучного толка (В19)	1.Использование воспитательного потенциала дисциплин/практик «Научно-исследовательская работа», «Проектная практика», «Научный семинар» для: - формирования понимания основных принципов и способов научного познания мира, развития исследовательских качеств студентов посредством их вовлечения в исследовательские проекты по областям научных исследований. 2.Использование воспитательного потенциала дисциплин "История науки и инженерии", "Критическое мышление и основы научной коммуникации", "Введение в специальность", "Научно-исследовательская работа", "Научный семинар" для: - формирования способности отделять настоящие научные исследования от лженаучных посредством проведения со студентами занятий и регулярных бесед; - формирования критического мышления, умения рассматривать различные исследования с экспертной позиции посредством обсуждения со студентами современных исследований, исторических предпосылок

		появления тех или иных открытий и теорий.
--	--	---

5. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

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

№ п.п	Наименование раздела учебной дисциплины	Недели	Лекции/ Практик. (семинары) / Лабораторные работы, час.	Обязат. текущий контроль (форма*, неделя)	Максимальный балл за раздел**	Аттестация раздела (форма*, неделя)	Индикаторы освоения компетенции
	<i>6 Семестр</i>						
1	Раздел 1	1-8	16/16/0		25	КИ-8	3-ПК-2, У-ПК-2, В-ПК-2, 3-ПК-9, У-ПК-9, В-ПК-9, 3-ПК-10, У-ПК-10, В-ПК-10, 3-ПК-11, У-ПК-11, В-ПК-11, 3-ПК-12, У-ПК-12, В-ПК-12
2	Раздел 2	2-15	14/14/0		25	КИ-15	3-ПК-2, У-ПК-2, В-ПК-2, 3-ПК-9, У-ПК-9, В-ПК-9, 3-ПК-10, У-ПК-10, В-ПК-10, 3-ПК-11, У-ПК-11, В-ПК-11, 3-ПК-12, У-ПК-12, В-ПК-12
	<i>Итого за 6 Семестр</i>		30/30/0		50		
	Контрольные мероприятия за 6				50	Э	3-ПК-2, У-ПК-2,

	Семестр						В-ПК-2, 3-ПК-9, У-ПК-9, В-ПК-9, 3-ПК-10, У-ПК-10, В-ПК-10, 3-ПК-11, У-ПК-11, В-ПК-11, 3-ПК-12, У-ПК-12, В-ПК-12
--	---------	--	--	--	--	--	---

* – 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
Э	Экзамен

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Недели	Темы занятий / Содержание	Лек., час.	Пр./сем., час.	Лаб., час.
	<i>6 Семестр</i>	30	30	0
1-8	Раздел 1	16	16	0
1 - 4	Тема 1 Принципы работы лазеров Спонтанное и вынужденное излучение, поглощение. Разрешенные и запрещенные переходы. Механизмы уширения линии. Однородное и неоднородное уширение. Накачка. Трехуровневая и четырехуровневая схемы работы лазеров. Условие получения генерации. Затягивание частоты. Спектральная ширина лазерного излучения. Предельные энергетические характеристики квантового генератора. Свойства лазерных пучков: монохроматичность, когерентность (пространственная и временная), направленность, спектральная яркость. Характеристики и свойства оптических резонаторов. Время жизни фотона и добротность резонатора. Конструкции и элементы оптических резонаторов. Расчет оптического резонатора. Круговая диаграмма. Сложные резонаторы. Методы селекции типов колебаний.	Всего аудиторных часов		
		8	8	0
		Онлайн		
		0	0	0
5 - 8	Тема 2 Типы лазеров Основные типы лазеров. Основные характеристики лазеров: газовых, твердотельных, жидкостных, на центрах окраски, химических, полупроводниковых, рентгеновских, на свободных электронах. Газовые лазеры на нейтральных	Всего аудиторных часов		
		8	8	0
		Онлайн		
		0	0	0

	атомах и ионные лазеры. Гелий-неоновый и гелий кадмиевый лазеры. Принцип их работы. Молекулярные газовые лазеры. Лазеры на окиси и двуокиси углерода. Азотный и эксимерный лазеры. Жидкостные лазеры (лазеры на красителях). Твердотельные лазеры. Полупроводниковые лазеры. Волоконные лазеры, Химические лазеры.			
2-15	Раздел 2	14	14	0
9 - 12	Темв 3 Лазерные технологии обработки материалов Взаимодействие лазерного излучения с металлами. Лазерная резка. Дистанционная лазерная резка. Лазерная резка неметаллических материалов. Лазерная сварка металлов. Аддитивные технологии: современное состояние и перспективы. Лазерная наплавка металлов. Лазерная маркировка, Лазерная очистка.	Всего аудиторных часов		
		8	8	0
		Онлайн		
		0	0	0
13 - 15	Темв 4 Лазерные технологии Гибридные и комбинированные лазерные технологии. Применение лазеров в медицине.	Всего аудиторных часов		
		6	6	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

6. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

При реализации программы дисциплины используются различные образовательные технологии – во время аудиторных занятий занятия проводятся в форме лекций с использованием технических средств обучения - лекций с визуализацией.

Для контроля усвоения студентом разделов данного курса используется тестирование.

Самостоятельная работа студентов подразумевает под собой проработку лекционного материала с использованием рекомендуемой литературы для подготовки к зачету.

Часть занятий проводится в интерактивной форме.

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-10	З-ПК-10	Э, КИ-8, КИ-15
	У-ПК-10	Э, КИ-8, КИ-15
	В-ПК-10	Э, КИ-8, КИ-15
ПК-11	З-ПК-11	Э, КИ-8, КИ-15
	У-ПК-11	Э, КИ-8, КИ-15
	В-ПК-11	Э, КИ-8, КИ-15
ПК-12	З-ПК-12	Э, КИ-8, КИ-15
	У-ПК-12	Э, КИ-8, КИ-15
	В-ПК-12	Э, КИ-8, КИ-15
ПК-2	З-ПК-2	Э, КИ-8, КИ-15
	У-ПК-2	Э, КИ-8, КИ-15
	В-ПК-2	Э, КИ-8, КИ-15
ПК-9	З-ПК-9	Э, КИ-8, КИ-15
	У-ПК-9	Э, КИ-8, КИ-15
	В-ПК-9	Э, КИ-8, КИ-15

Шкалы оценки образовательных достижений

Шкала каждого контрольного мероприятия лежит в пределах от 0 до установленного максимального балла включительно. Итоговая аттестация по дисциплине оценивается по 100-балльной шкале и представляет собой сумму баллов, заработанных студентом при выполнении заданий в рамках текущего и промежуточного контроля.

Итоговая оценка выставляется в соответствии со следующей шкалой:

Сумма баллов	Оценка по 4-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	4 – «хорошо»	B	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твёрдо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос.
75-84		C	
70-74		D	
65-69	3 – «удовлетворительно»	E	Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, нарушения логической последовательности в изложении программного материала.
60-64			

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. 539.1 Е59 Атомная и молекулярная спектроскопия. Атомная спектроскопия : , Ельяшевич М.А., Москва: Либроком, 2009
2. 539.1 Е59 Атомная и молекулярная спектроскопия. Молекулярная спектроскопия : , Ельяшевич М.А., Москва: Либроком, 2009
3. ЭИ Б 73 Волоконные технологические лазеры и их применение : , Голубенко Ю. В., Богданов А. В., Санкт-Петербург: Лань, 2022
4. ЭИ К 44 Квантовая и оптическая электроника : , Киселев Г. Л., Санкт-Петербург: Лань, 2022
5. ЭИ П 75 Лазеры и экологический мониторинг атмосферы : , Шеманин В. Г., Привалов В. Е., Фотиади А. Э., Санкт-Петербург: Лань, 2022
6. ЭИ Б 82 Лазеры: применения и приложения : , Ивакин С. В. [и др.], Санкт-Петербург: Лань, 2022
7. 537 3-43 Принципы лазеров : , Звелто О., Санкт-Петербург [и др.]: Лань, 2008

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. И Т37 Fundamentals of Fiber Lasers and Fiber Amplifiers : , Ter-Mikirtychev V., New York: Springer Heidelberg, 2014
2. 621.37 К85 Лазеры ультракоротких импульсов и их применения : учебное пособие, Крюков П.Г., Долгопрудный: Интеллект, 2012
3. 535 Д31 Современная лазерная спектроскопия : учебное пособие, Демтрёдер В., Долгопрудный: Интеллект, 2014
4. ЭИ А 16 Современная оптика гауссовых пучков : учебное пособие, Волостников В. Г., Абрамочкин Е. Г., Москва: Физматлит, 2010

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

При изучении курса необходимо основное внимание уделить физическим основам формирования лазерного излучения. Для этого необходимо освоить физические законы процессов излучения и поглощения электромагнитного поля атомами и молекулами. Следует особое внимание уделить изучению свойств различных типов радиационных переходов – спонтанного излучения, вынужденного излучения и вынужденного поглощения.

Следует хорошо разобраться в вопросе о необходимом условии возникновения лазерной генерации – пороговой инверсной населенности и пороговом коэффициенте усиления и связи этих параметров с различными видами потерь излучения в активной среде резонатора лазера.

При изучении оптических резонаторов необходимо хорошо разбираться в вопросах, связанных с определением параметров электромагнитного поля (частота, пространственная конфигурация, расходимость) в зависимости от конфигурации резонатора того либо иного типа.

Следует иметь хорошее представление о различных режимах генерации лазера и о методах получения коротких и мощных импульсов (метод модулированной добротности и метод синхронизации мод).

При изучении конкретных лазеров необходимо четко ориентироваться в следующих вопросах: схема энергетических состояний, механизм создания инверсной населенности, спектральный диапазон излучения, параметры выходного излучения (непрерывный или импульсный режим, длительность и мощность импульса, возможность работы в режимах модулированной добротности и синхронизации мод), КПД лазера, конструктивные особенности лазера, области его применения.

По второй части курса («Применения лазеров и лазерные технологии») необходимо знать и понимать особенности работы волоконных лазеров: режимы генерации лазерного излучения, его волновые и энергетические характеристики, а также пределы их изменения; разновидности и особенности средств доставки лазерного излучения в рабочую зону его взаимодействия с обрабатываемым материалом (металлом); возможности управления технологическими режимами, обеспечивающими осуществление процессов резки, сварки и наплавки металлов с помощью лазерного излучения.

11. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ

Лекционный курс строится следующим образом.

Первый раздел посвящен физическим основам лазерных источников излучения. В этом разделе необходимо прежде всего рассмотреть различные процессы излучательных переходов (спонтанное излучение, вынужденное излучение и вынужденное поглощение), установить взаимосвязь между ними, вывести соотношения между вероятностями данных процессов. Далее следует показать студентам, при каких условиях интенсивность электромагнитного излучения при прохождении через вещество будет возрастать и как, введя положительную обратную связь, можно получить генератор электромагнитного излучения в оптическом диапазоне – лазер.

После этого следует вывести необходимые условия возникновения лазерной генерации – ввести пороговый коэффициент усиления и пороговую инверсную населенность. Далее необходимо рассмотреть возможности достижения пороговых значений – исследовать классические трех- и четырехуровневые схемы накачки.

При изучении различных типов лазеров необходимо акцентировать внимание студентов на следующих особенностях: агрегатное состояние активной среды, схема энергетических состояний, механизм создания инверсной населенности, спектральный диапазон излучения, параметры выходного излучения, режимы работы, КПД лазера, конструктивные особенности лазера.

Во втором разделе рассматриваются различные виды лазерных технологий. В этом разделе необходимо акцентировать внимание студентов на том, какие источники лазерного излучения используются в современных лазерных технологических комплексах. Следует обратить внимание на том какие режимы генерации используются для реализации лазерных технологий и конструктивные особенности лазерных технологических комплексов различного назначения.

Самостоятельная работа студентов необходима для выработки у них умения применения полученных теоретических знаний для решения практических задач, таких как умение выбрать оптимальный лазерный источник для решения конкретной задачи, расчет характеристик лазерного излучения для заданных параметров резонатора и активной среды, расчет параметров резонатора и активной среды исходя из потребности в определенных свойствах лазерного излучения.

Автор(ы):

Петровский Виктор Николаевич, к.ф.-м.н., с.н.с.

Рецензент(ы):

д.ф.м.н., профессор Киреев С.В.