

**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>	Физика мощных лазеров
<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>	1
<b>квалификация:</b>	магистр

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

Аудиторных часов: 45 всего, в том числе:

лекции: 15 час.

семинары: 30 час.

лабораторные занятия: 0 час.

Самостоятельная работа: 60 час.

Подготовка к экзамену: 30 час.

Всего часов: 135, всего зач. ед.: 3

Программу составил: И.Н. Воронич, канд. физ.-мат. наук, доцент

Программа обсуждена на заседании кафедры проблем инерционного термоядерного синтеза 04.04.2022

## Аннотация

Дисциплина "Физика мощных лазеров" рассматривает круг вопросов, связанных с физикой работы мощного йодного фотодиссоциационного лазера и других мощных лазеров.

В изложении рассматриваются спектроскопия лазерного перехода, особенности рабочих газовых сред, способы и источники накачки, структура уровней йода в магнитном поле, кинетика химических реакций, протекающих в газовой среде. Особенное внимание уделено вопросам направленности излучения и получению высокого контраста излучения.

В ходе освоения предмета студент изучит следующие вопросы:

Способы получения инверсной населённости. Параметры лазерного импульса. Принципы конструирования крупномасштабных йодных лазеров.

Студент получит навыки расчета в балансном приближении выходной энергии лазера.

В рамках курса акцентируется внимание на тех вопросах физики лазеров, которые присущие главным образом йодному фотодиссоциационному лазеру.

В рамках курса студенты знакомятся с крупнейшей установкой действующей установкой для ЛТС "Искра-5".

На проводимых семинарах студенты обучаются проводить различные оценки, касающиеся работы йодных усилителей в крупномасштабной установке, излагают свои знания по методам управления параметрами лазерного пучка.

## 1. Цели и задачи

### Цель дисциплины

освоение студентами физики работы мощного йодного фотодиссоциационного лазера и других мощных лазеров.

### Задачи дисциплины

формирование базовых знаний в области физики лазеров. Предполагается, что после изучения вопросов спектроскопии лазерного перехода, особенностей рабочих газовых сред, способов и источников накачки, структуры уровней йода в магнитном поле, кинетики химических реакций, протекающих в газовой среде студент овладеет навыкам применения полученных знаний для решения практических задач, связанных проведением исследований на мощных лазерных установках.

Сформировать умение по методам управления параметрами мощных лазеров.

## 2. Перечень формируемых компетенций

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
УК-2 Способен управлять исследовательским проектом на всех этапах его реализации	УК-2.4 Представляет публично результаты проекта (или отдельных его этапов) в форме отчетов, статей, выступлений на научно-практических конференциях, семинарах и т.п.
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

УК-6 Способен определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки	УК-6.2 Оценивает свою деятельность, соотносит цели, способы и средства выполнения деятельности с её результатами
ОПК-1 Способен формулировать цели и задачи исследования, выбирать критерии оценки, выявлять приоритеты решения задач	ОПК-1.3 Владеет систематическими знаниями по направлению деятельности; углубленными знаниями по выбранной направленности подготовки, базовыми навыками проведения научно- исследовательских работ по предложенной теме
ОПК-2 Способен применять современные методы исследования, оценивать и представлять результаты выполненной работы	ОПК-2.1 Способен применять знания и навыки по использованию информационно-коммуникационных технологий для поиска и изучения научной литературы, применения прикладных программных продуктов
	ОПК-2.2 Способен обобщать и критически оценивать опыт и результаты научных исследований в области профессиональной деятельности
	ОПК-2.3 Способен аргументировано выбирать способ проведения научного исследования, применять знания в области профессиональной деятельности для решения поставленной задачи, формулирования выводов и оценки полученных результатов
ОПК-3 Способен оформлять результаты научно-исследовательской деятельности в виде статей, докладов, научных отчетов и презентаций с использованием систем компьютерной верстки и пакетов офисных программ	ОПК-3.1 Владеет профессиональной терминологией, используемой в современной научно-технической литературе, обладает навыками устного и письменного изложения результатов научной деятельности в рамках профессиональной коммуникации
	ОПК-3.2 Владеет навыками оформления результатов научно-исследовательской деятельности в виде статей, докладов, научных отчетов и презентаций с использованием систем компьютерной верстки и пакетов офисных программ
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-2 Готов применять методы исследования и расчета процессов, происходящих 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

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

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны знать:

- спектроскопию лазерного перехода  $2p_{1/2} - 2p_{3/2}$  атома йода и его сверхтонкую структуру, влияние магнитных полей на характеристики перехода;
- рабочие вещества, используемые в йодных фотодиссоциационных лазерах, их особенности при применении;
- назначение и характеристики и особенности применения буферных газов;
- способы и источники накачки;
- кинетику химических реакций и их классификацию;
- методы определения запасенной энергии, режим свободной генерации, как один из методов определения запасенной энергии;
- различные способы модуляции добротности резонатора, применяемые в йодных фотодиссоциационных лазерах;
- задающий генератор с активной синхронизацией мод;
- режим усиления, балансное приближение, формула Франца-Нодвика;
- понятие отполяризации излучения, способы управления поляризацией излучения (фазовые пластинки, явления Поггеля, Керра, Фарадея);
- деполяризацию излучения в йодном лазере (двойное лучепреломление в оптических деталях, кубическая нелинейность воздуха и стекла, наличие магнитных полей, порожденных токами в источниках накачки);
- контраст излучения, методы и устройства для получения высокого контраста излучения;
- от чего зависят качество пучка, его пространственно-угловые характеристики, методы получения высокой яркости излучения в йодном лазере;
- принципы построения крупномасштабной лазерной установки, ее основные системы (на примере установки "Искра-5").

уметь:

- выбирать газовые смеси и резонатор для оценки запасенной энергии методом сводной генерации, оценивать запасенную энергию по величине энергии свободной генерации;
- по составу газовой смеси вычислять сечение усиления и по известному значению плотности запасенной энергии коэффициент усиления слабого сигнала лазерного усилителя;
- оценить допустимые паразитные отражения в ждущем режиме (в режиме накопления инверсной населенности);
- в балансном приближении рассчитать выходную энергию усилителя при известной запасенной и составе газовой смеси и заданной входной энергии усилителя;
- оценить необходимый вакуум в кюветы в зависимости от времени накачки.

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 управления параметрами мощных лазеров.

#### 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	Фотодиссоциация как способ получения инверсной населённости. Рабочие вещества для йодного лазера. Спектроскопия лазерного перехода. уровней йода в магнитном поле (эффект Зеемана).	1	2		2
2	Способы накачки активной среды йодного лазера.	2	4		4
3	Кинетика химических процессов в йодных лазерах.	2	4		4
4	Режим свободной генерации в йодном лазере.	1	2		2
5	Поляризация излучения. Распространение света в анизотропных средах. Методы управлением поляризацией света.	2	4		4
6	Способы модуляции добротности в йодном лазере. Задающие генераторы нано- и субнаносекундных импульсов.	2	4		4
7	Режим усиления в балансном приближении.	2	4		4
8	Параметры лазерного импульса.	2	4		34
9	Принципы конструирования крупномасштабных йодных лазеров наносекундных импульсов.	1	2		2
Итого часов		15	30		60
Подготовка к экзамену		30 час.			
Общая трудоёмкость		135 час., 3 зач.ед.			

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

##### Семестр: 2 (Весенний)

1. Фотодиссоциация как способ получения инверсной населённости. Рабочие вещества для йодного лазера. Спектроскопия лазерного перехода. уровней йода в магнитном поле (эффект Зеемана).

Введение в курс. Историческая справка. Фотодиссоциация как способ получения инверсной населённости. Рабочие вещества для йодного лазера.

Спектроскопия лазерного перехода. Ширина линии люминесценции. Роль буферных газов. Время жизни атома йода в возбужденном состоянии. Структура уровней йода в магнитном поле (эффект Зеемана).

2. Способы накачки активной среды йодного лазера.

Способы накачки активной среды йодного лазера. Источники накачки (импульсные лампы, открытый разряд и т.д.) их характеристики. Пиролиз. Роль буферных газов.

3. Кинетика химических процессов в йодных лазерах.

Кинетика химических процессов в йодных лазерах. Классификация химических реакций. Реакции тушения и рекомбинации. Скорость химических реакций. Константа скорости.

4. Режим свободной генерации в йодном лазере.

Режим свободной генерации в йодном лазере. Энергия генерации и временная форма импульса.

Режим свободной генерации, как способ оценки запасенной энергии

5. Поляризация излучения. Распространение света в анизотропных средах. Методы управлением поляризацией света.

Поляризация излучения. Изотропные и анизотропные среды Распространение света в анизотропных средах. Методы управлением поляризацией света. Фазовые пластинки как элементы, изменяющие состояние поляризации светового излучения. Примеры применения поляризационных устройств в лазерных установках.

6. Способы модуляции добротности в йодном лазере. Задающие генераторы нано- и субнаносекундных импульсов.

Способы модуляции добротности резонатора в йодном лазере. Активная модуляция добротности резонатора. Электрооптические модулирующие затворы на основе эффектов Поккельса и Керра. Модуляция добротности магнитным полем Задающие генераторы с модуляцией коэффициента усиления среды магнитным полем.

Задающий генератор с активной синхронизацией мод. Особенности ЗГ с активной синхронизацией мод йодного фотодиссоциационного лазера.

7. Режим усиления в балансном приближении.

Насыщение усиления. Балансное приближение. Энергия насыщения. Формула Франца-Нодвика.

8. Параметры лазерного импульса.

Контраст излучения. Способы получения высокого контраста. Контраст по мощности. Вырезающие ячейки Поккельса и Керра. Энергетический контраст. Активные и пассивные затворы, используемые в йодных лазерах. Затвор Фарадея. Пространственные фильтры, как средство борьбы с самовозбуждением на обратных паразитных связях

Качество пучка. Расходимость излучения и распределение плотности энергии в ближнем поле. Неоднородность рабочей среды, вызванная поглощением света накачки на стенках лазерной кюветы.

Градиенты показателя преломления, вызванные неоднородным поглощением света накачки внутри объема активной среды. Наведенные лазерным импульсом неоднородности показателя преломления. Самофокусировка. Интеграл распада.

Деполяризация излучения в йодном лазере. Деполяризация излучения из-за двойного лучепреломления в оптических деталях осевой симметрии, качество стекла по однородности и двойному лучепреломлению. Деполяризация из-за кубической нелинейности воздуха и оптического стекла. Деполяризация излучения из-за наличия магнитных полей токов источников накачки.

9. Принципы конструирования крупномасштабных йодных лазеров наносекундных импульсов.

Основные технические требования к установкам для ЛТС. Структурная схема установки.

Назначение и характеристика основных систем установки. Крупномасштабные установки йодных лазеров ("Искра-5", Perun, Asterix) .

## **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. К.Хола, К.Компа Фотохимический йодный лазер. В кн. "Химические лазеры", М., "Мир", 1980г.
2. Г.Бредерлов, Э.Филл, К.Витте Мощный йодный лазер. М., "Энергоатомиздат", 1985г.
3. В.С.Зуев, В.А.Катулин. Научные основы мощных фотодиссоционных лазеров. "Квантовая электроника", т.24, №12, стр.1105-1113, 1997г.

### Дополнительная литература

1. П.Г.Крюков, В.С.Летохов. Распространение импульса света в резонансно усиливающей (поглощающей) среде. УФН, т.99, вып.2, стр.169-227, 1969г.
2. С.Г.Лукишова, И.К.Красюк, П.П.Пашинин, А.М.Прохоров. Аподизация световых пучков как метод повышения яркости лазерных установок на неодимовом стекле. Труды института общей физики АН СССР, т.7, стр.92-147, 1987г.
3. Н.Ф.Борисова и др. Формирование лазерного пучка с равномерным пространственным распределением. Квантовая электроника, т.18, №3, 1991г., стр.355-358.
4. Б.Л.Борович, В.С.Зуев, В.А.Катулин и др. Сильноточные излучающие разряды и газовые лазеры с оптической накачкой. Итоги науки и техники, сер. "Радиотехника", т.15, М., ВИНТИ, 1978 г.
5. В.П.Аржанов, Б.Л.Борович, В.С.Зуев и др. Йодный лазер с накачкой светом фронта ударной волны, создаваемой взрывом взрывчатого вещества, "Квантовая электроника", т.19, №2, стр.135-138, 1992г.

## 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 Letters, 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 работе мощных лазеров, знать основные модели и их недостатки и достоинства, применять полученные знания для решения различных задач.

Успешное освоение курса требует:

- посещения всех занятий, предусмотренных учебным планом по дисциплине;
- ведения конспекта занятий;
- напряжённой самостоятельной работы студента.

Самостоятельная работа включает в себя:

- чтение рекомендованной литературы;
- проработку учебного материала, подготовку ответов на вопросы, предназначенных для самостоятельного изучения;
- решение задач, предлагаемых студентам на занятиях;
- подготовку к выполнению заданий текущей и промежуточной аттестации.

Показателем владения материалом служит умение без конспекта отвечать на вопросы по темам дисциплины.

Важно добиться понимания изучаемого материала, а не механического его запоминания. При затруднении изучения отдельных тем, вопросов, следует обращаться за консультациями преподавателю.

Возможен промежуточный контроль знаний студентов в виде решения задач в соответствии с тематикой занятий.



**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

**Разработчик:** И.Н. Воронич, канд. физ.-мат. наук, доцент

## 1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
УК-2 Способен управлять исследовательским проектом на всех этапах его реализации	УК-2.4 Представляет публично результаты проекта (или отдельных его этапов) в форме отчетов, статей, выступлений на научно-практических конференциях, семинарах и т.п.
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
УК-6 Способен определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки	УК-6.2 Оценивает свою деятельность, соотносит цели, способы и средства выполнения деятельности с её результатами
ОПК-1 Способен формулировать цели и задачи исследования, выбирать критерии оценки, выявлять приоритеты решения задач	ОПК-1.3 Владеет систематическими знаниями по направлению деятельности; углубленными знаниями по выбранной направленности подготовки, базовыми навыками проведения научно-исследовательских работ по предложенной теме
ОПК-2 Способен применять современные методы исследования, оценивать и представлять результаты выполненной работы	ОПК-2.1 Способен применять знания и навыки по использованию информационно-коммуникационных технологий для поиска и изучения научной литературы, применения прикладных программных продуктов
	ОПК-2.2 Способен обобщать и критически оценивать опыт и результаты научных исследований в области профессиональной деятельности
	ОПК-2.3 Способен аргументировано выбирать способ проведения научного исследования, применять знания в области профессиональной деятельности для решения поставленной задачи, формулирования выводов и оценки полученных результатов
ОПК-3 Способен оформлять результаты научно-исследовательской деятельности в виде статей, докладов, научных отчетов и презентаций с использованием систем компьютерной верстки и пакетов офисных программ	ОПК-3.1 Владеет профессиональной терминологией, используемой в современной научно-технической литературе, обладает навыками устного и письменного изложения результатов научной деятельности в рамках профессиональной коммуникации
	ОПК-3.2 Владеет навыками оформления результатов научно-исследовательской деятельности в виде статей, докладов, научных отчетов и презентаций с использованием систем компьютерной верстки и пакетов офисных программ
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-2 Готов применять методы исследования и расчета процессов, происходящих 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

## 2. Показатели оценивания компетенций

В результате изучения дисциплины «Физика мощных лазеров» обучающийся должен:

### знать:

- спектроскопию лазерного перехода  $2p_{1/2} - 2p_{3/2}$  атома йода и его сверхтонкую структуру, влияние магнитных полей на характеристики перехода;
- рабочие вещества, используемые в йодных фотодиссоциационных лазерах, их особенности при применении;
- назначение и характеристики и особенности применения буферных газов;
- способы и источники накачки;
- кинетику химических реакций и их классификацию;
- методы определения запасенной энергии, режим свободной генерации, как один из методов определения запасенной энергии;
- различные способы модуляции добротности резонатора, применяемые в йодных фотодиссоциационных лазерах;
- задающий генератор с активной синхронизацией мод;
- режим усиления, балансное приближение, формула Франца-Нодвика;
- понятие отполяризации излучения, способы управления поляризацией излучения (фазовые пластинки, явления Поггеля, Керра, Фарадея);
- деполяризацию излучения в йодном лазере (двойное лучепреломление в оптических деталях, кубическая нелинейность воздуха и стекла, наличие магнитных полей, порожденных токами в источниках накачки);
- контраст излучения, методы и устройства для получения высокого контраста излучения;
- от чего зависят качество пучка, его пространственно-угловые характеристики, методы получения высокой яркости излучения в йодном лазере;
- принципы построения крупномасштабной лазерной установки, ее основные системы (на примере установки "Искра-5").

### уметь:

- выбирать газовые смеси и резонатор для оценки запасенной энергии методом сводной генерации, оценивать запасенную энергию по величине энергии свободной генерации;
- по составу газовой смеси вычислять сечение усиления и по известному значению плотности запасенной энергии коэффициент усиления слабого сигнала лазерного усилителя;
- оценить допустимые паразитные отражения в ждущем режиме (в режиме накопления инверсной населенности);
- в балансном приближении рассчитать выходную энергию усилителя при известной запасенной и составе газовой смеси и заданной входной энергии усилителя;
- оценить необходимый вакуум в кюветы в зависимости от времени накачки.

### 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 управления параметрами мощных лазеров.

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

Перечень контрольных тем:

1. Спектроскопия лазерного перехода.
2. Кинетика химических реакций в йодных лазерах.
3. Режим свободной генерации.
4. Контраст излучения.

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

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.

Перечень контрольных вопросов:

1. Рабочие вещества для йодного лазера. Спектроскопия лазерного перехода. Время жизни атома йода в возбужденном состоянии.
2. Среда йодного лазера. Буферные газы, их назначение. Ширина линии излучения. Сечение усиления, релаксация подуровней.
3. Способы накачки активной среды йодного лазера. Источники накачки.
4. Кинетика химических реакций в йодных лазерах. Реакция "тушения". Константы скорости "тушения" в различных газах.
5. Кинетика химических реакций в йодных лазерах. Реакции рекомбинации йода с радикалами. Константы скорости реакции.
6. Режим свободной генерации. Энергия генерации.
7. Режим свободной генерации, как способ оценки запасенной энергии.
8. Задающие генераторы нано- и субнаносекундных импульсов. Активная модуляция добротности резонатора.
9. Электрооптические модулирующие затворы на основе эффектов Поккельса и Керра.
10. Структура уровней йода в магнитном поле (эффект Зеемана). Модуляция коэффициента усиления среды магнитным полем. Задающие генераторы с модуляцией коэффициента усиления среды магнитным полем.
11. Задающий генератор с активной синхронизацией мод. Особенности ЗГ с активной синхронизацией мод йодного фотодиссоциационного лазера.
12. Режим усиления. Энергия насыщения. Формула Франца-Нодвика.
13. Направленность излучения. Методы получения высокой яркости в йодных лазерах.
14. Неоднородность рабочей среды, вызванная поглощением света накачки на стенках лазерной кюветы.
15. Градиенты показателя преломления, вызванные неоднородным поглощением света накачки внутри объема активной среды.
16. Наведенные лазерным импульсом неоднородности показателя преломления. Самофокусировка. Интеграл распада.
17. Поляризация света. Методы управления поляризацией света.
18. Деполяризация излучения в йодном лазере. Методы уменьшения деполяризации.
19. Контраст излучения. Контраст по мощности. Вырезающие ячейки Поккельса и Керра.
20. Контраст излучения. Энергетический контраст. Пространственные фильтры, как средство борьбы с самовозбуждением на обратных паразитных связях.
21. Контраст излучения по мощности и энергии. Активные и пассивные затворы используемые в йодных лазерах.
22. Принципы конструирования крупномасштабных йодных лазеров наносекундных импульсов. Блок схема. Основные системы. Оптическая схема. (На примере установки "Искра - 5").

## Задачи к экзамену

### Задача №1

Активная среда йодного фотодиссоциационного усилителя состоит из смеси следующих газов: 5торр n-C3F7I + 100торр Хе + 200Аг + 450торр СО2.

Вычислить сечение вынужденного излучения эфф на переходе 3 – 4.

### Задача №2

Активная среда йодного фотодиссоциационного усилителя состоит из смеси следующих газов: 3,5торр n-C3F7I + 200торр Аг + 420торр СО2.

Вычислить при плотности запасённой энергии на двух возбуждённых подуровнях сверхтонкой структуры зап = 3Дж/см2 вычислить коэффициент усиления слабого сигнала на переходе 3 - 4.

### Задача №3

Активная среда йодного фотодиссоциационного усилителя состоит из смеси следующих газов: 20торр n-C3F7I + 600торр SF6. В диапазоне плотностей входного сигнала 0vx2Дж/см2 на переходе 3 – 4 построить зависимость вых(вх). Длительность импульса 1нс. Плотность запасенной энергии зап=3Дж/см2

### Задача №4

Плотность запасённой энергии на двух верхних возбуждённых уровнях СТС атомарного йода равна 2,5Дж/см2. Определить давление буферного газа (СО2), при котором коэффициент усиления слабого сигнала на переходе 3 – 4 будет равным K0=100; 30.

### Задача №5

Определить давление буферного газа (Хе), при котором лоренцева ширина линии люминесценции будет равна доплеровской ширине при температуре 500С.

### Задача №6

Плотность запасённой энергии на двух верхних возбуждённых уровнях СТС атомарного йода равна 2Дж/см2. Определить давление буферного газа (Аг), при котором коэффициент усиления слабого сигнала на переходе 3 – 4 будет равным K0=100; 50.

### Задача №7

Определить температуру абсолютно чёрного тела, максимум спектральной интенсивности излучения которого соответствует максимуму полосы поглощения С3F7I.

### Задача №8

Какова температура чёрного тела с максимальным излучательным КПД в полосу поглощения С3F7I?

### Задача №9

Рассчитать мощность и энергию усиленного спонтанного излучения для конкретных параметров йодного фотодиссоциационного усилителя (Lак = 100 см; Dак = 4 см; зап,мах = 3 Дж/см2; нах = 10 мкс, K0,мах = 1000).

### Задача №10

Кювета йодного усилителя с внутренним диаметром Din=54 мм и активной длиной L=100 см заполненная активной 20 торр n-C3F7I + 147 торр SF6. В эксперименте на свободную генерацию с зеркалами резонатора R1=100% и R2=10% зарегистрированная энергия генерации свободной генерации составила Eген=60 Дж. Оценить пороговую энергию Eпор. Пассивными потерями внутри резонатора пренебречь. Оценить плотность запасенной энергии в активной среде.

Перечень дополнительных (уточняющих) вопросов для сдачи экзамена:

1. Абсолютно чёрное тело как источник накачки ФДЛ.

1. Определить температуру абсолютно чёрного тела, максимум спектральной интенсивности излучения которого соответствует максимуму полосы поглощения С3F7I.

2. Определить интенсивность излучения такого источника во всём спектральном диапазоне.

3. Определить интенсивность излучения такого источника в полосе поглощения С3F7I. Какова интенсивность потока фотонов в полосе накачки? Чему равен излучательный КПД?

4. Ответить на вопросы 1.2-1.3, если температура чёрного тела превышает определённую в п.1.1. в два раза.

5. Какова температура чёрного тела с максимальным излучательным КПД в полосу поглощения С3F7I?

Примеры экзаменационных билетов (заданий, тестов и др. материалов, используемых для проведения зачета, экзамена):

Билет №1

1. Теоретический вопрос из списка контрольных вопросов.
2. Задача.
3. Вопрос из списка дополнительных (уточняющих) вопросов

Билет №2

1. Теоретический вопрос из списка контрольных вопросов.
2. Задача.
3. Вопрос из списка дополнительных (уточняющих) вопросов

#### 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.