Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (НИ ТГУ)

Физический факультет

УТВЕРЖДЕНО:
Декан физического факультета
С.Н. Филимонов

Оценочные материалы по дисциплине

Физика лазеров

по направлению подготовки

03.03.02 Физика

Направленность (профиль) подготовки :
Фундаментальная и прикладная физика

Форма обучения
Очная

Квалификация
Бакалавр

Год приема
2025

СОГЛАСОВАНО:
Руководитель ОП
С.Н. Филимонов

Председатель УМК
О.М. Сюсина

1. Компетенции и индикаторы их достижения, проверяемые данными оценочными материалами

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

– ОПК-2 Способен проводить научные исследования физических объектов, систем и процессов, обрабатывать и представлять экспериментальные данные в области физики лазеров;

– ПК-1 Способен проводить научные исследования в области физики лазеров с использованием современных экспериментальных и теоретических методов, а также информационных технологий

Результатами освоения дисциплины являются следующие индикаторы достижения компетенций:

ИОПК-2.2. Анализирует и интерпретирует экспериментальные и теоретические данные, полученные в ходе освоения лекционного курса и выполнения лабораторных работ по лазерной физике, обобщает полученные результаты, формулирует научно обоснованные выводы по результатам исследования.

ИПК-1.1. Собирает и анализирует научно-техническую информацию по лазерной физике, обобщает научные данные в соответствии с задачами исследования.

ИПК-1.2. Владеет практическими навыками использования современных методов исследования в области физики лазеров.

2. Оценочные материалы текущего контроля и критерии оценивания

Элементы текущего контроля:

– контроль посещаемости лекций;

– контроль посещаемости лабораторных работ;

– проверка знаний при допуске к выполнению лабораторных работ по вопросам в методических указаниях и собеседованию по методике проведения эксперимента в работе (ИПК-1.1);

– проверка выполненных лабораторных работ по предоставленным студентами отчетам (ИОПК-2.2, ИПК-1.2).

Критерии оценивания:

Текущий контроль по дисциплине проводится с применением балльно-рейтинговой системы, включающей контроль посещаемости лекций и лабораторных занятий, составление и сдачу отчетов по лабораторным работам и фиксируется в форме баллов (нарастающим итогом): посещаемость – максимальный балл 10, выполнение лабораторных работ – максимальный балл 40.

3. Оценочные материалы итогового контроля (промежуточной аттестации) и критерии оценивания

Дифференцированный зачет проводится в письменной форме по билетам. Экзаменационный билет состоит из трех основных вопросов и четвертого, дополнительного вопроса, который преподаватель задает по результатам выполнения учащимся лабораторных работ из списка вопросов к лабораторным работам. На основные вопросы учащийся дает развернутый ответ, на дополнительный – краткий. Продолжительность экзамена 2,5 часа.

На промежуточную аттестацию планируется не более 50 % рейтинга.

Итоговая оценка по дисциплине складывается из суммы баллов, полученных по итогам текущего контроля и промежуточной аттестации. При этом невыполненные лабораторные работы являются основанием до недопуска студента к зачету.

Результаты дифференцированного зачета определяются оценками «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Оценка определяется исходя из результатов дифференцированного зачета и текущей аттестации в течение семестра и согласуется с принятым соответствием с 5-ти балльной шкалой оценивания: 99-86 – «отлично»; 85-66 – «хорошо»; 65-45 – «удовлетворительно», менее 45 – «неудовлетворительно».

Первый основной вопрос выбирается из вопросов модулей 1 и 2, второй и третий вопросы – из модулей 3 и 4, соответственно. Основные вопросы проверяют ИОПК-2.2. и ИПК-1.1., дополнительный – ИПК-1.2.

Примерный перечень теоретических вопросов в билете:

Вопрос 1. Свойства лазерного излучения: монохроматичность, когерентность, направленность.

Вопрос 2. Лазеры на парах меди и золота.

Вопрос 3. Квазитрехуровневый лазер. Пространственно-зависимая модель, пороговые условия и выходная мощность.

Дополнительный вопрос.

Вопрос 1. Почему ЛК с поперечной накачкой имеет различную расходимость в вертикальной и горизонтальной плоскостях?

Оценка «отлично», с учетом промежуточной успеваемости, выставляется, если даны правильные развернутые ответы на все теоретические вопросы по билету, а также даны правильные ответы на дополнительный вопрос. При этом все лабораторные работы выполнены правильно.

Оценка «хорошо», с учетом промежуточной успеваемости, выставляется, если даны неполные правильные ответы на теоретические вопросы по билету, а также даны правильные ответы на дополнительный вопрос. При этом все лабораторные работы выполнены правильно.

Оценка «удовлетворительно», с учетом промежуточной успеваемости, выставляется, если даны неполные правильные ответы на 2 из трех теоретических вопросов, но при этом даны правильные ответы на дополнительный вопрос. При этом все лабораторные работы выполнены.

Оценка «неудовлетворительно», с учетом промежуточной успеваемости, выставляется, если даны неправильные ответы на 2 из трех теоретических вопросов билета, отсутствуют ответы на дополнительный вопрос. При этом все лабораторные работы выполнены.

Перечень вопросов, выносимых на дифференцированный зачет:

Модуль 1

1.1. Оптическое излучение. Понятие световой волны: волновое и квантовое описание.

1.2. Поглощение и испускание света. Принцип работы лазера.

1.3. Переходы в активной среде, трех и четырехуровневая схема работы лазера.

1.4. Свойства лазерного излучения: монохроматичность, когерентность, направленность.

1.5. Энергетические и временные характеристики излучения.

1.6. Функциональная схема лазера.

1.7. Классификации лазеров.

Модуль 2

2.1. Оптический резонатор. Моды открытого оптического резонатора.

2.2. Добротность резонатора.

2.3. Потери в резонаторе

2.4. Излучение на границе раздела диэлектриков. Диэлектрические зеркала и покрытия.

2.5. Оптическая накачка активной среды (когерентная и некогерентная).

2.6. Электрическая накачка и накачка электронным пучком.

2.7. Химическая и газодинамическая накачка.

Модуль 3

- 3.1. Рубиновый лазер
- 3.2. Неодимовый лазеры
- 3.3. Иттербиевый, эрбиевый и иттербий-эрбиевые лазеры
- 3.4. Тулий-гольмиевый лазер.
- 3.5. Перестраиваемые твердотельные лазеры (александрит, хром-форстерит, титан-сапфир).
- 3.6. Лазеры на красителях.
- 3.7. Гелий-неоновый лазер.
- 3.8. Лазеры на парах меди и золота.
- 3.9. Ионный аргоновый лазер.
- 3.10. Лазеры на парах ионов металлов (He-Cd, He-Se лазеры).
- 3.11. CO₂ лазер, физика процессов.
- 3.12. Основные виды конструкций CO₂ лазеров.
- 3.13. СО лазер
- 3.14. Азотный лазер
- 3.15. Эксимерные (эксиплексные) лазеры, физика процессов
- 3.16. Конструкция эксимерных лазеров с накачкой электронным пучком и электрическим разрядом.
- 3.17. Полупроводниковые лазеры. Классификация, принцип действия лазеров на гомо- и гетеропереходах.
- 3.18. Лазеры на квантовых ямах, квантовых точках и квантовых нитях, квантово-каскадные лазеры.
- 3.19. Конструкции полупроводниковых лазеров, полосковые структуры, лазеры поверхностного излучения с вертикальным резонатором, лазеры с распределенной обратной связью (РОС).
- 3.20. Химические HF и DF лазеры.
- 3.21. Химические йодный и кислородно-йодный лазеры.
- 3.22. Лазеры с ядерной накачкой.
- 3.23. Рентгеновские лазеры и лазеры на свободных электронах

Модуль 4

- 4.1. Непрерывный режим работы лазера. Четырехуровневая схема, пространственно-независимый случай, распространение излучения в резонаторе, динамика населенности, выходная мощность.
- 4.2. Непрерывный режим работы лазера. Квазитрехуровневая схема, пространственно-независимый случай, распространение излучения в резонаторе, динамика населенности, выходная мощность.
- 4.3. Четырехуровневая схема, пространственно-независимая модель, пороговые условия и выходная мощность, эффективность.
- 4.4. Четырехуровневая схема, пространственно-зависимая модель, пороговые условия и выходная мощность.
- 4.5. Квазитрехуровневый лазер. Пространственно-независимая модель, пороговые условия и выходная мощность.
- 4.6. Квазитрехуровневый лазер. Пространственно-зависимая модель, пороговые условия и выходная мощность.
- 4.7. Оптимальная связь на выходе лазера, четырехуровневая схема, пространственно независимая модель.
- 4.8. Многомодовая генерация.
- 4.9. Флуктуации интенсивности излучения. Нестационарные (импульсные) режимы работы лазера.
- 4.10. Модуляция добротности резонатора. Общие сведения, методы модуляции.
- 4.11. Электрооптическая и акустооптическая модуляция добротности.

4.12. Пассивная модуляция добротности. Режимы работы лазеров с модуляцией добротности.

4.13. Синхронизация мод, общие сведения, описание во временном представлении.

4.14. Активная синхронизации мод: амплитудно-модулированная и частотно-модулированная синхронизация мод.

4.15. Пассивная синхронизация мод. Характеристики лазеров с синхронизацией мод. Примеры схем синхронизации мод - на сталкивающихся импульсах в кольцевом резонаторе и на основе керровской линзы.

4. Оценочные материалы для проверки остаточных знаний (сформированности компетенций)

Проверка остаточных знаний, полученных при освоении лекционной части курса, осуществляется при подготовке к лабораторным работам путем ответа на контрольные вопросы в методических указаниях к лабораторным работам, и составлении отчета по выполненным работам при обработке, интерпретации и объяснении полученных результатов.

Примеры контрольных вопросов к лабораторной работе:

Лабораторная работа № 1 «Лазер на алюмоиттриевом гранате с неодимом. Режим свободной генерации»

1. Каков принцип работы лазера на алюмоиттриевом гранате?
2. Приведите схему энергетических уровней и переходы для четырех- и квазитрехуровневой схем работы лазера на алюмоиттриевом гранате с неодимом.
3. В чем преимущество четырехуровневой схемы генерации по сравнению с трехуровневой?
4. Объясните различия в характерах зависимостей энергии, мощности и КПД генерации лазера от мощности накачки.
5. Что такое режим свободной генерации, от чего зависит длительность импульса излучения в таком режиме?
6. Как зависит КПД и порог генерации, время жизни фотона в резонаторе от коэффициента отражения выходного зеркала лазера?
7. Что такое пиковая структура импульса, почему она возникает?
8. Почему для определения порога генерации удобно использовать зависимость мощности генерации от мощности накачки?
9. Какие факторы определяют оптимальное значение коэффициента полезных потерь?
10. Чем отличается средняя и импульсная мощность излучения, как они определяются?

Лабораторная работа № 2 «He-Ne лазер. Пространственно-энергетические, поляризационные характеристики и пространственная когерентность излучения»

1. Каков физический смысл статистического веса уровня энергии?
2. Какое состояние квантовой системы называется инверсионным?
3. Чем отличаются спонтанное и вынужденное излучения?
4. Каковы основные причины уширения спектральных линий?
5. Каков вид контура спектральной линии излучения гелий-неоновой смеси в поле стоячей волны?
6. Чем обусловлен провал Лэмба в спектре лазерного излучения гелий-неонового лазера?
7. Каковы основные условия достижения инверсии населенностей в смеси нейтральных газов?
8. При каких условиях возникает тлеющий разряд?
9. Какова зависимость мощности лазерного излучения от разрядного тока, парциальных давлений газов, диаметра трубки, коэффициента отражения зеркал?
10. Почему гелий-неоновые лазеры имеют низкий к. п. д.?
11. Почему в гелий-неоновых лазерах используются трубки с окном Брюстера?

12. Почему возникает конкуренция лазерных переходов в неоне?
13. На чём основано исследование разрушения инверсии населённостей из-за возрастания числа вынужденных переходов в неоне?
14. Какова роль оптического резонатора в лазере?
15. Чем руководствуются, выбирая коэффициент отражения зеркал оптического резонатора лазера?
16. Где применяют неустойчивые открытые резонаторы?
17. Пригодны ли неустойчивые резонаторы для селекции поперечных мод?
18. Чему равно произведение G_1G_2 для симметричного конфокального резонатора? Для полуконцентрического? Для полуконфокального?
19. Почему возможно генерирование нескольких частот при гауссовой форме спектральной линии излучения вещества?
20. Чем обусловлена разница в добротностях продольных и поперечных мод открытого резонатора?
21. Какова методика селекции продольных и поперечных мод?
22. Зависит ли расходимость лазерного излучения от длины резонатора? Почему?
23. Что понимается под энергетической расходимостью лазерного излучения и чем обусловлена её величина?

Информация о разработчиках

Светличный Валерий Анатольевич, кандидат физико-математических наук, доцент, кафедра оптики и спектроскопии физического факультета ТГУ, доцент.