

Содержание

| | |
|---|----|
| I. Цели и задачи дисциплины (модуля) | 3 |
| Программа разработана в соответствии с основной образовательной программой ФГОС по направлению 03.03.02 Физика и предназначена для обеспечения курса « <u>Атомная и молекулярная спектроскопия</u> », изучаемого студентами в течение седьмого семестра. | 3 |
| II. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО | 3 |
| III. Требования к результатам освоения дисциплины | 4 |
| IV. Содержание и структура дисциплины (модуля) | 5 |
| 4.1. Содержание дисциплины, структурированное по темам, с указанием видов учебных занятий и отведенного на них количества академических часов..... | 7 |
| 4.1. План внеаудиторной самостоятельной работы обучающихся по дисциплине | 8 |
| 4.3. Содержание учебного материала | 1 |
| 4.3.1. Перечень семинарских, практических занятий и лабораторных работ | 2 |
| 4.3.2. Перечень тем (вопросов), выносимых на самостоятельное изучение студентами в рамках самостоятельной работы (СРС) | 4 |
| 4.4. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов..... | 4 |
| 4.5. Примерная тематика курсовых работ (проектов) (при наличии)..... | 5 |
| V. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля) | 5 |
| а) <i>перечень литературы</i> | 5 |
| б) <i>базы данных, информационно-справочные и поисковые системы</i> | 6 |
| VI. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля) | 8 |
| 6.1. Учебно-лабораторное оборудование: | 8 |
| 6.2. Программное обеспечение: | 8 |
| 6.3. Технические и электронные средства: | 8 |
| VII. Образовательные технологии | 8 |
| VIII. Оценочные материалы для текущего контроля и промежуточной аттестации | 9 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ: ФОС | 11 |

I. Цели и задачи дисциплины (модуля)

Программа разработана в соответствии с основной образовательной программой ФГОС по направлению 03.03.02 Физика и предназначена для обеспечения курса «Лазерная физика», изучаемого студентами в течение седьмого семестра.

Цель курса - формирование у студентов объема начальных сведений по лазерной физике и квантовой электронике, необходимого при осуществлении научно-исследовательской, научно-инновационной, организационно-управленческой и педагогической деятельности. Предлагаемый курс ориентирован на подготовку физиков исследователей, экспериментаторов, инженеров-физиков, инженеров промышленных предприятий для работы в области получения, исследования и применения лазерного излучения.

Для достижения данной цели были поставлены *задачи*:

Углубление и расширение знаний, полученных учащимися ранее из курса общей физики, касающихся принципов работы лазеров. Дать представление о современном состоянии физики лазеров, ее связи с другими научными дисциплинами, о тенденциях развития и роли в дальнейшем исследовании материи. Дать представление о современных технологиях, использующих лазерное излучение, о проблемах на пути их дальнейшего развития и совершенствования.

II. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО

Данный спецкурс напрямую связан с курсом оптики, квантовой механики, а также со спецкурсом по спектроскопии конденсированного состояния. Дисциплина «лазерная физика» входит в модуль **Б1.В.ДВ.6**, относящийся к вариативной части профессионального цикла основной образовательной программы по направлению: **03.03.02 Физика**. Он имеет самостоятельное значение для углубленного изучения принципов действия источников лазерного излучения, их параметров, а также свойств генерируемого излучения.

Первая часть курса посвящена изложению физических основ квантовой электроники, и, прежде всего, применению эйнштейновской теории излучения к термодинамически неравновесным системам с дискретными уровнями энергии. Особое внимание уделяется понятию обратной связи, реализуемой при индуцированном излучении в резонаторе. Значительное место занимает рассмотрение процессов создания резонатором лазера пучка света высокой направленности и управления его модовым составом. Вторая часть курса посвящена методам создания активной среды и описанию свойств наиболее распространенных типов лазеров.

III. Требования к результатам освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование **следующих компетенций**:

- Способность использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач (**ОПК-3**);

В результате усвоения дисциплины учащиеся должны обладать следующими **профессиональными компетенциями**:

- способностью использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин (**ПК-1**);
- способностью проводить научные исследования в избранной области экспериментальных и (или) теоретических физических исследований с помощью современной приборной базы (в том числе сложного физического оборудования) и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта (**ПК-2**).

В результате изучения курса студенты будут:

Знать: основные физические принципы получения лазерного излучения и физические закономерности, позволяющие управлять выходными характеристиками лазерного источника, иметь представление о современном состоянии дисциплины и о тенденциях развития.

Уметь: обосновать возможность применения соответствующего источника лазерного излучения и специализированного оборудования в соответствии с предложенной исследовательской или практической задачей.

Владеть: первичными навыками работы с оборудованием, используемым при работе с лазерными источниками

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

| Компетенция | Индикаторы компетенций | Результаты обучения |
|--------------|--|--|
| ОПК-3 | Способность использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач | <p>Знает: основные физические принципы получения лазерного излучения и физические закономерности, позволяющие управлять выходными характеристиками лазерного источника.</p> <p>Умеет: обосновать возможность применения соответствующего источника лазерного излучения и специализированного оборудования в соответствии с предложенной исследовательской или практической задачей.</p> <p>Владеет: первичными навыками</p> |

| | | |
|---------------|---|--|
| | | работы с оборудованием, используемым при работе с лазерными источниками |
| (ПК-1) | Способность использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин | <p>Знает: основные физические принципы получения лазерного излучения и физические закономерности, позволяющие управлять выходными характеристиками лазерного источника.</p> <p>Умеет: обосновать возможность применения соответствующего источника лазерного излучения и специализированного оборудования в соответствии с предложенной исследовательской или практической задачей.</p> <p>Владеет: первичными навыками работы с оборудованием, используемым при работе с лазерными источниками</p> |
| (ПК-2) | Способность проводить научные исследования в избранной области экспериментальных и (или) теоретических физических исследований с помощью современной приборной базы (в том числе сложного физического оборудования) и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта | <p>Знает: основные физические принципы получения лазерного излучения и физические закономерности, позволяющие управлять выходными характеристиками лазерного источника.</p> <p>Умеет: обосновать возможность применения соответствующего источника лазерного излучения и специализированного оборудования в соответствии с предложенной исследовательской или практической задачей.</p> <p>Владеет: первичными навыками работы с оборудованием, используемым при работе с лазерными источниками</p> |

IV. Содержание и структура дисциплины (модуля)

Объем дисциплины составляет 3 зачетных единицы, 108 часов,

в том числе 63 часа контактной работы.

Занятия проводятся только в очной форме обучения с применением дистанционного контроля самостоятельной работы студентов через ЭИОС факультета. Электронной и дистанционной форм обучения не предусматривается.

На практическую подготовку отводится 36 аудиторных часов (во время выполнения практических заданий).

Форма промежуточной аттестации: зачёт.

4.1. Содержание дисциплины, структурированное по темам, с указанием видов учебных занятий и отведенного на них количества академических часов

| № п/п | Раздел дисциплины/тема | Семестр | Всего часов | Из них практическая подготовка обучающихся | Виды учебной работы, включая самостоятельную работу обучающихся, практическую подготовку и трудоемкость (в часах) | | | | Формы текущего контроля успеваемости; Форма промежуточной аттестации (по семестрам) |
|-------|---|---------|-------------|--|---|---|--------------|------------------------|---|
| | | | | | Контактная работа преподавателя с обучающимися | | | Самостоятельная работа | |
| | | | | | Лекции | Семинарские/практические/лабораторные занятия | Консультации | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 1 | <i>Раздел 1. КОЭФФИЦИЕНТЫ ЭЙНШТЕЙНА И ВЕРОЯТНОСТИ ПЕРЕХОДОВ</i> | 7 | 16 | 6 | 3 | 6 | 1 | 8 | Тестирование |
| 2 | <i>Раздел 2. КВАНТОВЫЕ УСИЛИТЕЛИ</i> | 7 | 16 | 6 | 3 | 6 | 1 | 8 | Решение задач |
| 3 | <i>Раздел 3. ГЕНЕРАЦИЯ ИЗЛУЧЕНИЯ</i> | 7 | 16 | 6 | 3 | 6 | 1 | 8 | Опрос |
| 4 | <i>Раздел 4. СИНХРОНИЗАЦИЯ МОД РЕЗОНАТОРА</i> | 7 | 16 | 6 | 3 | 6 | 1 | 8 | Решение задач |
| 5 | <i>Раздел 5. ТИПЫ ЛАЗЕРОВ</i> | 7 | 18.4 | 6 | 3 | 6 | 1 | 8 | Опрос |
| 6 | <i>Раздел 6. ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ЛАЗЕРОВ</i> | 7 | 16 | 6 | 3 | 6 | 1 | 8 | Реферат |
| | | Зачёт | 3.6 | | | | | | Тестирование |
| | | КСР | 6 | | | | | | |
| | <u>Итого часов</u> | | 108 | 36 | 18 | 36 | 6 | 48 | |

4.1. План внеаудиторной самостоятельной работы студентов по дисциплине

| Семестр | Название раздела, темы | Самостоятельная работа обучающихся | | | Оценочное средство | Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы |
|--|----------------------------|--|--|---------------------|---------------------|--|
| | | Вид самостоятельной работы | Сроки выполнения | Трудоемкость (час.) | | |
| 7 | Разделы 1,2, | Решение контрольных заданий | В течение семестра | 12 | Задачи и упражнения | [1-3],, [4-8, 10] |
| 7 | Разделы 3, 4 | Подготовка к опросу | После завершения лекций по данным разделам | 12 | Опрос | [1-3], [21,24,25] |
| 7 | Разделы 5,6 | Подготовка рефератов | В конце семестра | 12 | Реферат | [1-3], [14-18, 19, 20] |
| 7 | Подготовка к зачёту | Работа с лекционным материалом и учебной литературой | К концу семестра | 12 | Тест | |
| Общий объем самостоятельной работы по дисциплине (час) | | | | 48 | | |

4.3. Содержание учебного материала

Содержание разделов и тем дисциплины

Раздел 1. КОЭФФИЦИЕНТЫ ЭЙНШТЕЙНА И ВЕРОЯТНОСТИ ПЕРЕХОДОВ

Тема 1. Коэффициенты Эйнштейна и вероятности переходов.

Уровни энергии квантовых систем. Индуцированные и спонтанные переходы. Коэффициенты Эйнштейна. Когерентность индуцированного излучения.

Тема 2. Спектральные линии переходов.

Соотношение неопределенностей энергия-время, естественная ширина линии. Ширина спектра спонтанного излучения. Лоренцева форма линии. Гауссова форма линии при доплеровском уширении. Однородное и неоднородное уширение.

Тема 3. Усиление излучения в активных средах.

Поглощение и усиление. Активная среда. Сечение поглощения. Насыщение поглощения, плотность потока энергии насыщающего излучения. Энергия насыщения в импульсном режиме.

Тема 4. Матричный элемент оператора перехода и коэффициенты Эйнштейна.

Уравнение Шредингера и волновые функции стационарных состояний. Приближения теории возмущений. Суперпозиции волновых функций стационарных состояний. Матричный элемент оператора дипольного момента перехода. Осцилляции населенности верхнего уровня, частота Раби.

Раздел 2. КВАНТОВЫЕ УСИЛИТЕЛИ

Тема 5. Квантовые усилители.

Усиление и генерация излучения. Спектральная полоса пропускания усилителя. Шум квантового усилителя. Выходная мощность. Выходная энергия. Нелинейное усиление.

Раздел 3. ГЕНЕРАЦИЯ ИЗЛУЧЕНИЯ

Тема 6. Генерация излучения.

Открытые резонаторы. Регенерация резонатора при усилении. Условия самовозбуждения. Частотный спектр генерации. Выходная мощность

Тема 7. Открытые резонаторы.

Распределение поля в резонаторе. Число Френеля. Моды резонатора. Время жизни моды пассивного резонатора. Дифракционные потери. Уравнение открытого резонатора. Конфокальный резонатор. Гауссовы пучки. Расходимость излучения. Преобразование гауссовых пучков линзой. Продольные и поперечные моды.

Раздел 4. СИНХРОНИЗАЦИЯ МОД РЕЗОНАТОРА

Тема 8. Синхронизация мод резонатора.

Генерация излучения в нескольких продольных модах. Спектр генерации. Затягивание мод. Синхронизация мод. Цуг импульсов. Длительность и период следования при синхронизации мод. Активная и пассивная синхронизация мод. Самосинхронизация. Модуляция добротности резонатора.

Раздел 5. ТИПЫ ЛАЗЕРОВ

Тема 9. Газовые лазеры.

Особенности газообразной активной среды. Методы возбуждения. Электрический разряд, химическое возбуждение, оптическая накачка. Резонансная передача энергии при

столкновениях. Гелий-неоновый лазер. Схема уровней. Передача энергии возбуждения. Конкуренция линий излучения. Параметры лазера.

Тема 10. Ионные лазеры. Лазеры на парах металлов.

Аргоновый лазер. Схема уровней. Плотность тока разряда. Условие инверсии. Параметры лазера. Гелий-кадмиевый лазер. Схема уровней. Катофорез. КПД газоразрядных лазеров. Лазер на парах меди, схема уровней параметры лазера.

Тема 11. Молекулярные лазеры.

Требования к рабочему веществу. Колебательные спектры молекул. Углекислотный лазер. Механизм инверсии. Роль буферных газов. Спектральные свойства. Вращательная структура. Перестройка частоты излучения. Импульсный разряд. Самостоятельный и несамостоятельный разряды. Газодинамические лазеры.

Тема 12. Лазеры на конденсированных средах.

Трех и четырехуровневые схемы. Безизлучательная релаксация. Электронные конфигурации атомов и ионов переходных групп. Рубиновый и неодимовый лазеры. Схемы уровней. Лазерное стекло. Оптические свойства, лучевая стойкость.

Тема 13. Лазеры на красителях.

Спектрально-люминесцентные свойства красителей. Схема уровней. Оптическая накачка. Перестройка частоты. Непрерывный и импульсный режим. Ламповая и лазерная накачка. Красители в твердой полимерной матрице.

Тема 14. Лазеры на центрах окраски.

Дефекты в твердых телах. Центры окраски. Методы окрашивания кристаллов. Центры окраски в ЦГК. Спектры поглощения и люминесценции. Перестройка частоты лазеров. Параметры лазеров. Вибронные и бесфононные переходы. Ионы хрома. Лазер на александрите. Ионы титана. Лазер на сапфире с титаном. Пикосекундный и фемтосекундный режим.

Раздел 6. ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ЛАЗЕРОВ

Тема 15. Полупроводниковые лазеры.

Рекомбинационное свечение. Уровни Ферми. Условие инверсии. Безизлучательная рекомбинация. Диодные инжекционные лазеры. Диапазон длин волн излучения. Мощность. Гетероструктуры. Перестройка частоты.

Тема 16. Тенденции развития лазеров.

Новые длины волн лазерного излучения. Методы нелинейной оптики, генерация гармоник, разностных частот. ВКР-лазеры. Дальняя УФ область, рентгеновская область. Гамма-лазеры. Области применения лазеров.

4.3.1. Перечень семинарских, практических занятий и лабораторных работ

| № п/п | № раздела и темы дисциплины (модуля) | Наименование семинаров, практических и лабораторных работ | Трудоемкость (часы) | | Оценочные средства | Формируемые компетенции |
|-------|--------------------------------------|---|---------------------|--------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|
| | | | Всего часов | Из них практическая подготовка | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 1 | Тема 1 | Тепловое излучение. Термодинамическое равновесие. Распределение | 6 | 4 | опрос, контрольное задание | (ОПК-3) (ПК-1) (ПК-2) |

| | | | | | | |
|---|---------------|--|---|---|-------------------------------|-----------------------------|
| | | Больцмана. Коэффициенты Эйнштейна.. | | | | |
| 2 | Тема 2 | Соотношение неопределенностей «энергия-время». Естественная ширина спектральной линии. Применение закона Бугера-Ламберта-Бэра. Активная среда. | 6 | 4 | опрос, контрольное задание | (ОПК-3) (ПК-1) (ПК-2) |
| 3 | Тема 3 | Условие резонанса для систем из двух плоских зеркал. Энергетические параметры ламп накачки. Время жизни частиц в активной среде. Плотность фотонов лазерного пучка. Лазерные дальномеры. | 6 | 4 | Реферат | (ОПК-3) (ПК-1) (ПК-2) |
| 4 | Тема 4 | Лазерные резонаторы. Пороговая инверсия населенностей. Время жизни фотона в резонаторе. Расчет числа мод резонатора. Добротность резонатора. Коэффициент усиления. | 6 | 4 | Реферат | (ОПК-3) (ПК-1) (ПК-2) |
| 5 | Тема 5 | Синхронизация мод резонатора. Расчет числа мод. Роль длины резонатора. Дифракционные потери в резонаторе. | 6 | 4 | Реферат | (ОПК-3) (ПК-1) (ПК-2) |
| 6 | Тема 6 | Расчет величины коэффициента квантового усиления активной среды. Условия самовозбуждения генератора. Пассивные | 6 | 4 | опрос, контрольное задание | (ОПК-3) (ПК-1) (ПК-2) |

| | | | | | | |
|--|--|------------------------------------|--|--|--|--|
| | | модуляторы добротности резонатора. | | | | |
|--|--|------------------------------------|--|--|--|--|

4.3.2. Перечень тем (вопросов), выносимых на самостоятельное изучение студентами в рамках самостоятельной работы (СРС)

| № нед. | Тема | Вид самостоятельной работы | Задание | Рекомендуемая литература | Количество часов |
|--------|--|------------------------------|-------------------------------------|--------------------------|------------------|
| 1. | . КОЭФФИЦИЕНТЫ ЭЙНШТЕЙНА И ВЕРОЯТНОСТИ ПЕРЕХОДОВ | Решение задач по данной теме | Решение задач | [1-3], [4-8] | 8 |
| 2. | . КВАНТОВЫЕ УСИЛИТЕЛИ | Решение задач по данной теме | . Решение задач | [1-3], [10,13] | 8 |
| 3. | ГЕНЕРАЦИЯ ИЗЛУЧЕНИЯ | Решение задач по данной теме | . Решение задач | [1-3], [11,24] | 8 |
| 4. | СИНХРОНИЗАЦИЯ МОД РЕЗОНАТОРА | Решение задач по данной теме | Решение задач | [1-3], [21-25] | 6 |
| 5. | ТИПЫ ЛАЗЕРОВ | Подготовка доклада | Поиск и изучение литературы по теме | [1-3], [14-18] | 8 |
| 6. | ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ЛАЗЕРОВ | Подготовка реферата | Поиск и изучение литературы по теме | [12, 19,20] | 8 |
| 7. | Текущие консультации | | | | 1 |
| 8. | Подготовка к зачету | | | | 1 |

4.4. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов

К современному специалисту общество предъявляет достаточно широкий перечень требований, среди которых немаловажное значение имеет наличие у выпускников определенных способностей и умения самостоятельно добывать знания из различных источников, систематизировать полученную информацию, давать оценку конкретной финансовой ситуации. Формирование такого умения происходит в течение всего периода обучения через участие студентов в практических занятиях, выполнение контрольных заданий, написание курсовых и выпускных квалификационных работ. При этом самостоятельная работа студентов играет решающую роль в ходе всего учебного процесса.

Теоретические знания, полученные студентами на практических занятиях и при самостоятельном изучении курса по литературным источникам, закрепляются при выполнении практических заданий.

При выполнении практических заданий обращается особое внимание на выработку у студентов умения грамотно выполнять и оформлять документацию, умения пользоваться научно-технической справочной литературой. Каждый студент должен подготовиться к защите своего отчета, разобравшись с теорией исследуемого явления.

Текущая работа над учебными материалами включает в себя систематизацию теоретического материала каждой практической работы, заполнения пропущенных мест, уточнения схем и выделения главных мыслей основного содержания работы. Для этого используются имеющиеся учебно-методические материалы и другая рекомендованная литература.

Границы между разными видами самостоятельных работ достаточно размыты, а сами виды работы пересекаются. Таким образом, самостоятельная работа студентов может быть как в аудитории, так и вне ее.

Закрепление всего изученного материала осуществляется на контрольной работе. Также может быть проведен опрос по всем темам курса. Преподаватель помогает разобраться с проблемными вопросами и задачами (по мере их поступления) в ходе текущих консультаций.

4.5. Примерная тематика реферативных работ.

1. Уровни энергии атомов, молекул, кристаллов. Поглощение и испускание электромагнитного излучения.
2. Принцип действия лазера. Методы создания инверсии населенностей.
3. Оптические резонаторы. Спектр мод резонатора. Добротность резонатора.
4. Методы модуляции добротности резонатора лазера.
5. Генерация оптических гармоник.
6. Самофокусировка в средах с керровской нелинейностью... Филаментация.
7. Лазерный пробой газов. Лазерная плазма.
8. Лазерный термоядерный синтез
9. Лазерный нагрев вещества. Лазерное плавление и испарение поверхности.

V. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

а) перечень литературы

Основная

1. Сивухин Д.В. Общий курс физики : учеб. пособие для студ. физ. спец. вузов: в 5 т. / Д. В. Сивухин. - 3-е изд., стер. - М. : Физматлит. - 22 см. **Т.4** : Оптика. - 2013. - 791 с. - Предм. указ.: с. 784-791. - ISBN 5-9221-0763-1 : 300.00 р.
2. Введение в квантовую физику [Электронный ресурс] / А. Н. Паршаков. - Москва : Лань, 2010. - 351 с. ; 21 см. - (Учебники для вузов. Специальная литература). - Режим доступа: ЭБС

"Издательство "Лань". - Неогранич. доступ. - Библиогр.: с. 349. - ISBN 978-5-8114-0982-2 : 403 р.

3. Иродов И. Е. Квантовая физика. Основные законы : [учеб. пособие] / И. Е. Иродов. - 4-е изд. (эл.). - Москва : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2013. - 260 с. ; нет. - (Технический университет. Общая физика). - Режим доступа: ЭБС "Руконт". - Неогранич. доступ. - ISBN 978-5-9963-2302-9 : Б. ц.

Дополнительная

4. О.Звелто. Принципы лазеров. С.- Петербург, «Лань», 2011. 592с.
5. Н.В.Карлов. Лекции по квантовой электронике. М., «Наука» 1988. 336с.
6. Пантел Р., Путхоф Г. Основы квантовой электроники. М.: Мир, 1972.
7. Ярив А. Квантовая электроника. М.: Сов. радио,1980.
8. Мэйтленд А., Данн М. Введение в физику лазеров. М.: Наука, 1978, 408 с.
9. Делоне Н.Б. Взаимодействие лазерного излучения с веществом. М.: Наука, 1989, 280 с.
10. Демтредер Г. Лазерная спектроскопия. М.: Мир, 1988 г., 390 с.
11. Шен И.Ф. Принципы нелинейной оптики.-М.:Наука, 1989.-557с.
12. С.Н. Багаев, К.Л. Водопьянов, Е.М. Дианов, О.Н. Крохин, А.А. Маненков, П.П. Пашинин, И.А. Щербаков, начало лазерной эры в СССР (сборник статей), М., ФИАН, 2010.
13. К вопросу об экспериментальном доказательстве существования отрицательной абсорбции В.А. Фабрикант, Начало лазерной эры в СССР (сборник статей), М., ФИАН, 2010.
14. Квантовый генератор в вакуумной области спектра при возбуждении жидкого ксенона электронным пучком Н.Г. Басов, В.А. Данилычев, Ю.М. Попов, Д.Д. Ходкевич, Начало лазерной эры в СССР (сборник статей), М., ФИАН, 2010.
15. Г.Фрейнд, Р.Паркер, Лазеры на свободных электронах. В Мире Науки 1989, вып.6,стр.42.
16. Эттвуд Д. и др. Перестраиваемое когерентное рентгеновское излучение, УФН, 1989, т.125, вып.1, с.125.
17. Прохоров А. Новое поколение твердотельных лазеров, УФН, 1986. т.148, вып.1, с.7.
18. Басов Н. и др. Полупроводниковые лазеры, УФН, 1986, т.148, вып.1, с.35.
19. Дж.Реди. Промышленные применения лазеров, М.: Мир, 1981, 630с.
20. Дианов Е., Прохоров А. Лазеры и волоконная оптика, УФН. 1986, т.148, вып.2.
21. Коротеев Н.И., Шумай И.Л. Физика мощного лазерного излучения. М.: Наука ФМ, 1991.
22. Пихтин А. Н. Оптическая и квантовая электроника: Учеб.для студентов вузов/ А.Н.Пихтин.- М.: Высш.шк., 2001.- 572с.
23. Ю.Д. Голяев, Г.М. Зверев - Лазеры на кристаллах и их применение. «Радио и связь», Москва ,1994г., 311 с.
24. В.П.Быков, О.О.Силичев - Лазерные резонаторы, Москва, «Физматлит», 2003г.
25. П.Г.Крюков. Фемтосекундные импульсы. М. «Физматлит», 2008. 208с.

б) периодические издания

- нет.

в) базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

Астрофизическая информационная система [HACA \(ADS — Astrophysics Data System\)](http://adswww.harvard.edu/)

<http://adswww.harvard.edu/>

Образовательный сайт по астрофизике <http://www.astronet.ru/>

Сайт орбитального телескопа им. Хаббла <http://hubblesite.org/>

- ЭЧЗ «БИБЛИОТЕХ» [HTTPS://ISU.BIBLIOTECH.RU/](https://isu.bibliotech.ru/)
- ЭБС «ЛАНЬ» [HTTP://E.LANBOOK.COM/](http://e.lanbook.com/)
- ЭБС «РУКОНТ» [HTTP://RUCONT.RU](http://rucont.ru)
- Архив научных журналов JSTOR (<http://www.jstor.org>)

VI. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

6.1. Учебно-лабораторное оборудование:

Практические занятия по данной дисциплине проводятся в учебной аудитории по расписанию. Лабораторное оборудование не предусмотрено.

На факультете имеется компьютеризированная аудитория, предназначенная для самостоятельной работы, с неограниченным доступом в Интернет. Имеются стандартные средства для просмотра презентаций и других материалов по курсу.

6.2. Программное обеспечение:

Стандартные сервисы сети Интернет, стандартные средствами просмотра презентаций и других материалов по курсу атомной и молекулярной спектроскопии.

6.3. Технические и электронные средства:

Для проведения практических и лекционных занятий в качестве демонстрационного оборудования используются проектор, экран и меловая доска. Используются современные образовательные технологии: информационные (лекции и презентации в Power Point), проектные (мультимедиа, видео, документальные фильмы). Использование глобальной компьютерной сети позволяет обеспечить доступность Интернет-ресурсов и реализовать самостоятельную работу студентов, в ходе которой они могут вычитывать научные статьи по темам курса. На лекциях могут использоваться мультимедийные средства: проектор (CASIO XJ-A241), переносной экран (Classic Solution, T195x195/1MW-LU/B), ноутбук Lenovo B590.

Материалы: научные статьи и монографии из рецензируемых журналов, рассматривающие современные подходы и исследования в области атомной и молекулярной спектроскопии.

VII. Образовательные технологии

В соответствии с требованиями ФГОС ВО по реализации компетентностного подхода, в учебном процессе используются активные и интерактивные формы проведения занятий. Интерактивные формы работы на учебных занятиях предусматривают активную позицию студентов при изучении материала, например, самостоятельно подготовить дополнение к теме и вынести его на обсуждение, провести дискуссию, включить элементы собственных научных исследований и сделать краткую презентацию своих выступлений на научных конференциях. Все это формирует способности применять знания, умения и личностные качества для успешной деятельности в области атомной и молекулярной спектроскопии.

На практических занятиях студенты используют экспериментальные задачи. По материалам полученных экспериментальных данных они приобретают исследовательские навыки, необходимые для работы по междисциплинарным направлениям, после получения

базового образования и формируют компетенцию готовности выявить естественнонаучную сущность проблем, компетенцию готовности использовать методы теоретической и экспериментальной физики в профессиональной деятельности.

VIII. Оценочные материалы для текущего контроля и промежуточной аттестации

Фонд оценочных средств (ФОС) представлен в приложении.

8.1.1. Оценочные средства для входного контроля:

Проводится опрос на первом занятии.

8.1.2. Оценочные средства текущего контроля

Проводится промежуточная аттестация по итогам самостоятельной работы, предусмотренной программой курса.

Примерные тестовые задания по атомной и молекулярной спектроскопии приведены в **фондах оценочных средств (в приложении)**.

Примерные варианты задач для практических занятий:

- 1) **Задача 1.** Газ состоит из молекул или атомов, имеющих два невырожденных уровня энергии E_1 и E_2 , $E_2 > E_1$. Газ находится в состоянии термодинамического равновесия, Учитывая только индуцированное испускание, выразить коэффициент поглощения газа $\alpha(T)$ при температуре T через его значение α_0 при $T = 0$.
- 2) **Задача 2.** Время жизни атома в возбужденном состоянии в пределах 10^{-9} - 10^{-7} с. Оценить естественную ширину спектральной линии для случая $\tau = 10^{-9}$ с, считая, что совершается переход из возбужденного в основное состояние.
- 3) **Задача 3.** Длина волны излучаемого атомом фотона составляет 0.6 мкм. Принимая время жизни атома в возбужденном состоянии $\tau = 10^{-8}$ с, определить отношение естественной ширины энергетического уровня, на который был возбужден электрон, к энергии, излучаемой атомом.
- 4) **Задача 4.** Отношение населенностей двух уровней, находящихся в термодинамическом равновесии при 300 К равно $1/e$. Вычислить частоту излучения, соответствующую переходу между этими уровнями.
- 5) **Задача 5** Среда состоит из частиц, которые могут находиться на энергетических уровнях с энергиями E_1 и E_2 , $E_2 > E_1$. Концентрации частиц на уровнях 1 и 2 равны соответственно N_1 и N_2 . На систему падает электромагнитная волна с частотой $\nu = E_2 - E_1 / h$. По какому закону будет изменяться интенсивность I этой волны? Учитывать только индуцированное излучение.
- 6) **Задача 6.** Оценить соотношение между временем прохода фотоном резонатора (t_{2L}) и временем его жизни в резонаторе (τ_{ϕ}). Длина резонатора L . Коэффициенты отражения зеркал $R_1 = R_2 = R = 0.98$. Рассчитать значения t_{2L} и τ_{ϕ} для $L = 90$ см.
- 7) **Задача 7.** Оценить минимальную мощность лампы- вспышки, необходимую для накачки твердотельного лазера. Число активных частиц в кристалле $N = 10^{19}$ частиц/ см³. Время жизни частицы на верхнем рабочем уровне $\tau = 3 \cdot 10^{-3}$ с. Середина полосы, в которую происходит основное поглощение излучения источника накачки $\nu = 6 \cdot 10^{14}$ Гц. Кпд лампы накачки = 100%. Объем кристалла – $V = 10$ см³.

8.1.3. Оценочные средства для промежуточной аттестации

Промежуточная аттестация проводится в форме зачёта.

Материалы для проведения текущего и промежуточного контроля знаний студентов:

| № п\п | Вид контроля | Контролируемые темы (разделы) | Компетенции, компоненты которых контролируются |
|-------|---|---|--|
| 1. | Проверка решения домашней задачи. Опрос | <i>Раздел 1. КОЭФФИЦИЕНТЫ ЭЙНШТЕЙНА И ВЕРОЯТНОСТИ ПЕРЕХОДОВ</i> | ОПК-3, ПК-1, ПК-2. |
| 2. | Проверка решения домашней задачи. Опрос | <i>Раздел 2. КВАНТОВЫЕ УСИЛИТЕЛИ</i> | ОПК-3, ПК-1, ПК-2 |
| 3. | Проверка решения домашней задачи. Опрос | <i>Раздел 3. ГЕНЕРАЦИЯ ИЗЛУЧЕНИЯ</i> | ОПК-3, ПК-1, ПК-2 |
| 4. | Проверка решения домашней задачи. Опрос. | <i>Раздел 4. СИНХРОНИЗАЦИЯ МОД РЕЗОНАТОРА</i> | ОПК-3, ПК-1, ПК-2 |
| 5. | Проверка решения домашней задачи Опрос | <i>Раздел 5. ТИПЫ ЛАЗЕРОВ</i> | ОПК-3, ПК-1, ПК-2 |
| 6 | Проверка решения домашней задачи. Опрос | <i>Раздел 6. ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ЛАЗЕРОВ</i> | ОПК-3, ПК-1, ПК-2 |
| 7 | Зачет. контрольная задача, реферат. | Все темы | ОПК-3, ПК-1, ПК-2 |

Примерный список вопросов и упражнений к зачёту

1. Уровни энергии квантовых систем. Индуцированные и спонтанные переходы. Уровни энергии атомов, молекул, кристаллов. Поглощение и испускание электромагнитного излучения.
2. Коэффициенты Эйнштейна и вероятности переходов. Когерентность индуцированного излучения.
3. Спектральные линии переходов. Соотношение неопределенностей энергия-время, естественная ширина линии.
4. Ширина спектра спонтанного излучения. Лоренцева форма линии. Гауссова форма линии при доплеровском уширении. Однородное и неоднородное уширение.
5. Усиление излучения в активной среде. Поглощение и усиление. Активная среда. Сечение поглощения. Насыщение поглощения.
6. Квантовые усилители. Усиление и генерация излучения.
7. Принцип действия лазера. Трех и четырехуровневые схемы. Методы создания инверсии населенностей.

8. Генерация излучения. Оптические резонаторы. Спектр мод резонатора. Добротность резонатора.
9. Открытые резонаторы. Моды резонатора. Время жизни моды пассивного резонатора. Дифракционные потери.
10. Конфокальный резонатор. Продольные и поперечные моды.
11. Синхронизация мод резонатора. Цуг импульсов. Длительность и период следования импульсов при синхронизации мод. Активная и пассивная синхронизация мод.
12. Модуляция добротности резонатора лазера. Методы модуляции добротности. Активные и пассивные модуляторы добротности. Принцип действия.
13. Типы лазеров. Особенности устройства.

Разработчики:



_____ доцент, к.ф.-м.н. Н.Т.Максимова

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 03.03.02 Физика.

Программа рассмотрена на заседании кафедры общей и экспериментальной физики ИГУ
« 30 » августа 2021 __г.

Протокол № 1, зав. кафедрой _____  А.А.Гаврилюк

Настоящая программа не может быть воспроизведена ни в какой форме без предварительного письменного разрешения кафедры-разработчика программы.