

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Физические основы лазеров и оптических источников

Методические указания к практическим работам

Направление подготовки 03.04.02 Физика

Направленность (профиль)

«Биофизика и медицинская инженерия»

Квалификация выпускника: магистр

**Ставрополь
2026**

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность учебной дисциплины «Физические основы лазеров и оптических источников» обусловлена необходимостью формирования у будущих специалистов теоретико-методологических компетенций, лабораторных умений на которых базируется профессиональная деятельность в физике. В современных условиях важнейшим элементом подготовки бакалавров в области физики является формирование у них самостоятельности и культуры научного мышления, способности вести научную и профессиональную деятельность, навыков постановки целей, задач при решении проблемных ситуаций.

Целью лабораторных занятий является формирование профессиональных компетенций магистра по направлению 03.04.02 Физика, связанных со 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.

Основные задачи дисциплины:

- способность грамотно выбирать наиболее эффективные методики и планировать экспериментальные исследования в области физики конденсированного состояния
- умение анализировать и интерпретировать результаты эксперимента.

В результате изучения дисциплины у обучающихся формируются следующие компетенции (в соответствии с образовательным стандартом):

ИД-1_{ПК-1}

Использует знания в области биофизики и медицинской инженерии для решения профессиональных задач.

ИД-1_{ПК-2}

Разрабатывает и совершенствует методики анализа биофизических параметров с целью повышения их конкурентоспособности

ИД-1_{ПК-4}

Оценивает свою роль и ответственность в профессиональной деятельности.

ИД-2_{ПК-4}

Анализирует проблемы развития методик научных исследований с учетом последних достижений в области биофизики и медицинской инженерии

В результате освоения дисциплины студент должен демонстрировать:

Готовность оценить актуальность решаемой задачи оптики конденсированных сред на основе анализа научной литературы и информационных материалов по тематике исследования.

Готовность использовать знания в области оптики конденсированных сред для разработки методов нахождения решения поставленных профессиональных задач.

Готовность адекватно применить математический инструментарий при формулировке моделирующих физических процесс уравнений в оптике конденсированных сред.

Готовность выбирать и использовать на практике соответствующие методы спектроскопии для решения задач, связанных с изучением строения и механизмов, лежащих в основе различных явлений в конденсированных средах.

Готовность проводить анализ состояния научно-технической проблемы в области оптики конденсированных сред и формулировать техническое задание.

Готовность провести отбор профессионального лабораторного оборудования, необходимого для осуществления проектной деятельности в области оптики конденсированных сред.

Готовность выстроить стратегию достижения поставленных целей, цикла жизни проекта, возникающие риски.

Цель данного практикума – описание последовательности, основного содержания, методики выполнения лабораторных занятий по учебному курсу и (или) самостоятельной подготовки к ним. Занятия проводятся в форме семинара или занятия решения задач.

Практические занятия по решению задач существенно дополняют лекции по физике. В процессе анализа и решения задач студенты расширяют и углубляют знания, полученные из лекционного курса и учебников, учатся глубже понимать физические законы и формулы, разбираться в их особенностях, границах применения, приобретают умение применять общие закономерности к конкретным случаям. В процессе решения задач вырабатываются навыки вычислений, работы со справочной литературой, таблицами. Решение задач не только способствует закреплению знаний и тренировке в применении изучаемых законов, но и формирует особый стиль умственной деятельности, особый метод подхода к физическим явлениям. Последнее тесным образом связано с методологией физики как науки. Говоря о методологических проблемах курса физики, мы подчеркивали важность знакомства студентов с тем, что любой её раздел должен базироваться на основных постулатах, так что все остальные характеристики изучаемых явлений в принципе могут быть получены из этих постулатов. Идея построения разделов физики на базе основных постулатов должна найти своё отражение и в содержании лабораторных занятий по решению задач. Когда студенты решают задачи по определённой теме, очень важно, чтобы в результате знакомства с конкретными задачами они усвоили принципиальный подход к познанию достаточно широкого класса явлений.

При решении задач лабораторного занятия следует выполнять следующие правила оформления:

1. Условия задач переписываются полностью без сокращений. Обязательно записывается номер задачи с указанием номера занятия практического.

2. Текст и графики должны быть выполнены без помарок и исправлений. Допускается оформление на компьютере.

3. Необходимо указать основные законы и формулы, на которых базируется решение, и дать формулировку этих законов, разъяснив буквенные обозначения формул. Если при решении задач применяется формула, полученная для частного случая, не выражающая какой-нибудь физический закон или не являющаяся определением физической величины, то следует привести ее вывод.

4. Рекомендуется сделать чертеж, эскизный рисунок или построить график, поясняющий содержание задачи или ход решения.

5. Решения задач должны сопровождаться исчерпывающими, но краткими словесными объяснениями, раскрывающими физический смысл употребляемых формул.

6. Необходимо решить задачу в общем виде, т.е. выразить искомую величину в буквенных обозначениях величин, заданных в условии задачи или введенных самостоятельно.

7. Ответ задачи в общем виде и числовое значение искомой величины с обязательным указанием размерности, предваряемые словом «ОТВЕТ:», записываются отдельно после решения. Решения отдельных задач разделяются.

8. В случае если задание при проверке не зачтено, студент обязан представить его на повторную проверку, включив в его те задачи, решения которых оказались неверными. Повторная работа представляется вместе с незачтенной работой.

9. Студент должен быть готов дать устные пояснения по существу решения задач, входящих в его расчетное задание.

10. При несоответствии оформления работы указанным требованиям она не будет зачтена.

Виды задач и планы их решения.

На лабораторных занятиях по физике используются:

- 1) задачи-упражнения, помогающие студентам приобрести твёрдые навыки расчёта и вычислений;
- 2) задачи для демонстрации практического применения тех или иных законов;
- 3) задачи для закрепления и контроля знаний;
- 4) познавательные задачи.

Задачи для закрепления и контроля знаний и задачи-упражнения рассчитаны на использование готовых знаний, полученных из книг, лекций, от преподавателя. Решение таких задач опирается в основном на механизмы памяти и внимания. Оно в известном смысле полезно и даже необходимо.

Для решения задач расчётного характера достаточно составить систему уравнений, а дальше всё сводится к математическим действиям. Некоторые задачи требуют для решения геометрических построений и использования графиков.

Несмотря на различие в видах задач, их решение можно проводить по следующему общему плану (некоторые пункты плана могут выпадать в некоторых конкретных случаях), который надо продиктовать студентам:

1. прочесть внимательно условие задачи;
2. посмотреть, все ли термины в условиях задачи известны и понятны (если что-то неясно, следует обратиться к учебнику, просмотреть решения предыдущих задач, посоветоваться с преподавателем);
3. записать в сокращенном виде условие задачи (когда введены стандартные обозначения, легче вспоминать формулы, связывающие соответствующие величины, чётче видно, какие характеристики заданы, все ли они выражены в одной системе единиц и т.д.);
4. сделать чертёж, если это необходимо (делая чертёж, нужно стараться представить ситуацию в наиболее общем виде, например, если решается задача о колебании маятника, его следует изобразить не в положении равновесия, а отклонённым);

5. произвести анализ задачи, вскрыть её физический смысл (нужно чётко понимать, в чем будет заключаться решение задачи; так, если требуется найти траекторию движения точки, то ответом должна служить запись уравнений кривой, описывающей эту траекторию; на вопрос, будет ли траектория замкнутой линией, следует ответить «да» или «нет» и объяснить, почему выбран такой ответ);
6. установить, какие физические законы и соотношения могут быть использованы при решении данной задачи;
7. составить уравнения, связывающие физические величины, которые характеризуют рассматриваемые явления с количественной стороны;
8. решить эти уравнения относительно неизвестных величин, получить ответ в общем виде. Прежде чем переходить к численным значениям, полезно провести анализ этого решения: он поможет вскрыть такие свойства рассматриваемого явления, которые не видны в численном ответе;
9. перевести количественные величины в общепринятую систему единиц (СИ), найти численный результат;
10. проанализировать полученный ответ, выяснить как изменяется искомая величина при изменении других величин, функцией которых она является, исследовать предельные случаи.

Приведённая последовательность действий при решении задач усваивается студентами, как правило, в ходе занятий, когда они на практике убеждаются в её целесообразности. Поэтому в конце занятия полезно подвести итог, сформулировать найденный алгоритм рассуждений. Заметим, впрочем, что не всегда может быть предложен алгоритм решения задачи. При анализе задач на аудиторных занятиях полезно возвращаться к плану. Отклонение от него в большинстве случаев не позволяет студенту решить задачу. Тогда нужно напомнить ему, какой этап пропущен и указать, что именно это и послужило причиной неудачи.

ТЕМА 1. ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ СВЕТА С ВЕЩЕСТВОМ. ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УРОВНИ МОЛЕКУЛ.

Цель занятия: изучение базовых понятий спектроскопии, структуры энергетических уровней молекул, а также механизмов взаимодействия света с веществом. Освоение принципов квантовых переходов и типов спектров (поглощения, испускания, рассеяния). Подготовка студентов к использованию спектроскопических методов в прикладных и научных задачах в области биофизики, медицинской инженерии и оптики конденсированных сред.

В результате изучения темы у обучающихся формируются следующие компетенции (в соответствии с образовательным стандартом):

ИД-1_{ПК-1}

Использует знания в области биофизики и медицинской инженерии для решения профессиональных задач.

ИД-1_{ПК-2}

Разрабатывает и совершенствует методики анализа биофизических параметров с целью повышения их конкурентоспособности

ИД-1_{ПК-4}

Оценивает свою роль и ответственность в профессиональной деятельности.

ИД-2_{ПК-4}

Анализирует проблемы развития методик научных исследований с учетом последних достижений в области биофизики и медицинской инженерии

В результате освоения дисциплины студент должен демонстрировать:

Способность оценивать актуальность решаемых задач в области оптики конденсированных сред на основе анализа научной и справочной информации.

Навыки выбора соответствующих спектроскопических методов для исследования структуры вещества и изучения квантовых переходов.

Умение применять математические и физические модели для описания энергетических уровней молекул.

Способность разрабатывать и адаптировать методики спектроскопического анализа для решения прикладных задач.

Готовность к подбору и использованию профессионального оборудования, включая спектрометры, лазеры, фотометры и другое лабораторное оснащение.

Формирование стратегического подхода к реализации исследовательских проектов, включая оценку рисков и этапов жизненного цикла проекта.

Вопросы для обсуждения

1. Основные квантовые законы, лежащие в основе спектроскопии.
2. Энергетические уровни молекул и возможные переходы между ними.

3. Разновидности спектров: поглощения, испускания, рассеяния.
4. Классификация спектроскопии по характеру излучения и типу взаимодействующих объектов.
5. Понятие вырожденных и невырожденных энергетических уровней.
6. Значение физических величин (энергии, момента импульса и др.) в стационарных состояниях.
7. Квантование орбитального и спинового моментов количества движения.
8. Сложение моментов и правила отбора при переходах.

ТЕМА 2. ЭЛЕКТРОННАЯ АБСОРБЦИОННАЯ СПЕКТРОСКОПИЯ.

Цель занятия: изучить основы симметрии атомных и молекулярных систем, значение теории групп для описания квантовых состояний, а также с вероятности электронных переходов. Освоение правил отбора и их роли в интерпретации спектров электронного поглощения. Развитие навыков анализа электронных спектров на основе симметрии и структуры энергетических уровней.

В результате изучения темы у обучающихся формируются следующие компетенции (в соответствии с образовательным стандартом):

ИД-1_{ПК-1}

Использует знания в области биофизики и медицинской инженерии для решения профессиональных задач.

ИД-1_{ПК-2}

Разрабатывает и совершенствует методики анализа биофизических параметров с целью повышения их конкурентоспособности

ИД-1_{ПК-4}

Оценивает свою роль и ответственность в профессиональной деятельности.

ИД-2_{ПК-4}

Анализирует проблемы развития методик научных исследований с учетом последних достижений в области биофизики и медицинской инженерии

В результате освоения дисциплины студент должен демонстрировать:

Понимание роли симметрии в описании энергетических уровней атомов и молекул.

Навыки использования теории групп при анализе квантовых переходов.

Знание правил отбора и умение применять их при интерпретации электронных спектров.

Способность оценивать вероятность переходов, включая спонтанные и вынужденные процессы.

Понимание времени жизни возбужденных состояний и факторов, влияющих на ширину спектральных линий.

Готовность применять электронную абсорбционную спектроскопию для исследования структуры вещества и биофизических объектов.

Вопросы для обсуждения

1. Общая характеристика симметрии атомных систем.
2. Основные понятия теории групп. Важнейшие симметрические группы.
3. Вероятность спонтанных переходов и её квантово-механическое описание.
4. Вероятность вынужденных переходов, зависимость от интенсивности света.
5. Понятие времени жизни возбужденного состояния и его физический смысл.
6. Естественная ширина энергетических уровней и её вклад в форму спектральной линии.
7. Правила отбора для различных типов симметрии: вращательная, зеркальная, инверсная и др.

ТЕМА 3. ЛЮМИНЕСЦЕНТНАЯ СПЕКТРОСКОПИЯ.

В результате изучения темы у обучающихся формируются следующие компетенции (в соответствии с образовательным стандартом):

ИД-1_{ПК-1}

Использует знания в области биофизики и медицинской инженерии для решения профессиональных задач.

ИД-1_{ПК-2}

Разрабатывает и совершенствует методики анализа биофизических параметров с целью повышения их конкурентоспособности

ИД-1_{ПК-4}

Оценивает свою роль и ответственность в профессиональной деятельности.

ИД-2_{ПК-4}

Анализирует проблемы развития методик научных исследований с учетом последних достижений в области биофизики и медицинской инженерии

В результате освоения дисциплины студент должен демонстрировать:

Готовность оценить актуальность применения люминесцентной спектроскопии для решения задач биофизики, медицины и материаловедения.

Готовность использовать знания об оптических свойствах веществ и физических механизмах люминесценции для проведения анализа конденсированных сред.

Готовность применять математический аппарат для интерпретации люминесцентных спектров и моделирования процессов возбуждения и релаксации.

Готовность выбирать соответствующее оборудование и методы регистрации люминесценции для конкретных исследовательских задач.

Готовность к разработке и обоснованию экспериментальных схем люминесцентного анализа, включая выбор источников возбуждения, фильтров и детекторов.

Готовность к анализу и оценке результатов люминесцентных исследований с учетом современных достижений науки и технологий.

Готовность формулировать технические задания на проведение анализа или проектирования систем, использующих люминесцентные методы.

Вопросы для обсуждения

1. Природа и механизмы люминесценции: фотолюминесценция, хемилюминесценция, электролюминесценция и другие виды.
2. Методика регистрации и спектральный анализ люминесцентного излучения.
3. Применение люминесцентной спектроскопии в биофизике и медицинской инженерии.
4. Аппаратура и методы возбуждения люминесценции.
5. Современные тенденции и перспективы развития люминесцентных методов анализа.

ТЕМА 4. СПЕКТРЫ ВОЗБУЖДЕНИЯ ЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ.

В результате изучения темы у обучающихся формируются следующие компетенции (в соответствии с образовательным стандартом):

ИД-1_{ПК-1}

Использует знания в области биофизики и медицинской инженерии для решения профессиональных задач.

ИД-1_{ПК-2}

Разрабатывает и совершенствует методики анализа биофизических параметров с целью повышения их конкурентоспособности

ИД-1_{ПК-4}

Оценивает свою роль и ответственность в профессиональной деятельности.

ИД-2_{ПК-4}

Анализирует проблемы развития методик научных исследований с учетом последних достижений в области биофизики и медицинской инженерии

В результате освоения дисциплины студент должен демонстрировать:

Готовность понять физическую суть и особенности спектров возбуждения люминесценции в различных материалах и биологических системах.

Готовность использовать спектры возбуждения для качественного и количественного анализа свойств веществ.

Готовность применять современные методы измерения и интерпретации спектров возбуждения люминесценции.

Готовность выбирать оптимальные условия и приборы для регистрации спектров возбуждения в исследовательских и прикладных задачах.

Готовность анализировать полученные спектральные данные с использованием математических и компьютерных методов.

Готовность разрабатывать методики улучшения чувствительности и избирательности люминесцентных анализов.

Готовность учитывать особенности взаимодействия излучения с веществом при построении и интерпретации спектров возбуждения.

Вопросы для обсуждения

1. Физические процессы, лежащие в основе формирования спектров возбуждения люминесценции.
2. Методы измерения и технические особенности регистрации спектров возбуждения.
3. Влияние состава и структуры исследуемого объекта на форму и положение спектров возбуждения.
4. Анализ спектров возбуждения для выявления специфических биомолекул и материалов.
5. Современные применения спектров возбуждения в биофизике, медицине и материаловедении.

ТЕМА 5. СПЕКТРОСКОПИЯ МОЛЕКУЛЯРНОГО РАССЕЯНИЯ СВЕТА.

В результате изучения темы у обучающихся формируются следующие компетенции (в соответствии с образовательным стандартом):

ИД-1_{ПК-1}

Использует знания в области биофизики и медицинской инженерии для решения профессиональных задач.

ИД-1_{ПК-2}

Разрабатывает и совершенствует методики анализа биофизических параметров с целью повышения их конкурентоспособности

ИД-1_{ПК-4}

Оценивает свою роль и ответственность в профессиональной деятельности.

ИД-2_{ПК-4}

Анализирует проблемы развития методик научных исследований с учетом последних достижений в области биофизики и медицинской инженерии

В результате освоения дисциплины студент должен демонстрировать:

Готовность понимать основные физические механизмы молекулярного рассеяния света и их проявления в спектроскопии.

Готовность использовать спектроскопию рассеяния света для исследования структуры, динамики и взаимодействий молекул в различных средах.

Готовность применять методы регистрации и обработки спектров рассеяния света с целью анализа биологических и конденсированных систем.

Готовность выбирать и использовать соответствующее лабораторное оборудование и экспериментальные методики в спектроскопии молекулярного рассеяния.

Готовность интерпретировать спектры рассеяния в контексте молекулярной симметрии, вибрационных и вращательных состояний.

Готовность оценивать возможности и ограничения метода при решении прикладных и фундаментальных задач.

Готовность проводить анализ и формулировать рекомендации по оптимизации экспериментальных условий.

Вопросы для обсуждения

1. Основные типы молекулярного рассеяния света: Рэлеевское, Комптоновское, Раманское и их особенности.
2. Физические принципы и механизмы образования спектров молекулярного рассеяния.
3. Технические аспекты регистрации спектров рассеяния: источники света, детекторы, оптические схемы.
4. Применение спектроскопии молекулярного рассеяния для исследования биологических молекул и материалов.
5. Современные направления и перспективы развития метода в биофизике и медицинской инженерии.

ТЕМА 6. ИНФРАКРАСНАЯ СПЕКТРОСКОПИЯ

В результате изучения темы у обучающихся формируются следующие компетенции (в соответствии с образовательным стандартом):

ИД-1_{ПК-1}

Использует знания в области биофизики и медицинской инженерии для решения профессиональных задач.

ИД-1_{ПК-2}

Разрабатывает и совершенствует методики анализа биофизических параметров с целью повышения их конкурентоспособности

ИД-1_{ПК-4}

Оценивает свою роль и ответственность в профессиональной деятельности.

ИД-2_{ПК-4}

Анализирует проблемы развития методик научных исследований с учетом последних достижений в области биофизики и медицинской инженерии

В результате освоения дисциплины студент должен демонстрировать:

Готовность понимать физические основы инфракрасной спектроскопии и взаимодействие инфракрасного излучения с веществом.

Готовность применять методы ИК-спектроскопии для анализа структуры, состава и динамики биологических и конденсированных систем.

Готовность использовать современные ИК-спектрометры и методики подготовки проб для получения качественных спектров.

Готовность интерпретировать спектры поглощения и пропускания в инфракрасном диапазоне на основе колебательных и вращательных переходов молекул.

Готовность разрабатывать экспериментальные схемы и выбирать оптимальные условия измерений в ИК-спектроскопии.

Готовность анализировать результаты и оценивать применимость метода для решения прикладных задач.

Готовность формулировать технические задания и рекомендации по применению ИК-спектроскопии в биофизических исследованиях.

Вопросы для обсуждения

1. Физические основы инфракрасного излучения и его взаимодействия с веществом.
2. Молекулярные колебательные и вращательные переходы, регистрируемые в ИК-спектроскопии.
3. Типы ИК-спектроскопии: трансмиссионная, отражательная, Фурье-преобразования и их особенности.
4. Подготовка проб и технические аспекты проведения ИК-спектроскопических исследований.
5. Применение ИК-спектроскопии в биофизике, медицинской диагностике и материаловедении

Задачи для решения в аудитории.

1. Постройте систему первых пяти вращательных состояний молекулы HCl, используя таблицу

молекулярных постоянных. Основываясь на правилах отбора для ΔJ , рассчитайте и нарисуйте схему ИК и КР-вращательных спектров.

2. Постройте систему первых пяти вращательных состояний молекулы HBr, используя таблицу молекулярных постоянных. Основываясь на правилах отбора для ΔJ , рассчитайте и нарисуйте схему ИК и КР-вращательных спектров.
3. Постройте систему первых пяти вращательных состояний молекулы NO, используя таблицу молекулярных постоянных. Основываясь на правилах отбора для ΔJ , рассчитайте и нарисуйте схему ИК и КР-вращательных спектров.
4. Постройте систему первых пяти вращательных состояний молекулы SO, используя таблицу молекулярных постоянных. Основываясь на правилах отбора для ΔJ , рассчитайте и нарисуйте схему ИК и КР-вращательных спектров.

Задачи для самостоятельного решения.

1. Постройте систему первых пяти вращательных состояний молекулы HCl, используя таблицу молекулярных постоянных. Основываясь на правилах отбора для ΔJ , рассчитайте и нарисуйте схему ИК и КР-вращательных спектров.
2. Постройте систему первых пяти вращательных состояний молекулы HBr, используя таблицу молекулярных постоянных. Основываясь на правилах отбора для ΔJ , рассчитайте и нарисуйте схему ИК и КР-вращательных спектров.
3. Постройте систему первых пяти вращательных состояний молекулы NO, используя таблицу молекулярных постоянных. Основываясь на правилах отбора для ΔJ , рассчитайте и нарисуйте схему ИК и КР-вращательных спектров.
4. Постройте систему первых пяти вращательных состояний молекулы SO, используя таблицу молекулярных постоянных. Основываясь на правилах отбора для ΔJ , рассчитайте и нарисуйте схему ИК и КР-вращательных спектров.

ТЕМА 7. ОПТИЧЕСКАЯ ПОЛЯРИЗАЦИЯ ИЗОТРОПНЫХ И АНИЗОТРОПНЫХ ТЕЛ.

В результате изучения темы у обучающихся формируются следующие компетенции (в соответствии с образовательным стандартом):

ИД-1_{ПК-1}

Использует знания в области биофизики и медицинской инженерии для решения профессиональных задач.

ИД-1_{ПК-2}

Разрабатывает и совершенствует методики анализа биофизических параметров с целью повышения их конкурентоспособности

ИД-1_{ПК-4}

Оценивает свою роль и ответственность в профессиональной деятельности.

ИД-2_{ПК-4}

Анализирует проблемы развития методик научных исследований с учетом последних достижений в области биофизики и медицинской инженерии

В результате освоения дисциплины студент должен демонстрировать:

Готовность понимать основные понятия и механизмы оптической поляризации в изотропных и анизотропных материалах.

Готовность использовать поляризационные методы для исследования физических свойств конденсированных сред.

Готовность применять теоретические модели и математический аппарат для описания поляризационных явлений.

Готовность выбирать и использовать лабораторное оборудование для измерения и анализа поляризационных характеристик материалов.

Готовность интерпретировать результаты экспериментов с учетом оптической анизотропии и ее влияния на поляризацию света.

Готовность оценивать влияние структуры и симметрии вещества на процессы поляризации.

Готовность формулировать технические задания и рекомендации по применению поляризационных методов в биофизике и медицинской инженерии.

Вопросы для обсуждения

1. Основные типы поляризации света и методы их получения.
2. Особенности оптической поляризации в изотропных средах: законы и практические применения.
3. Поляризационные свойства анизотропных тел: линейная, циркулярная и эллиптическая поляризация.
4. Влияние оптической анизотропии на изменение поляризации света при прохождении через материалы.
5. Применение поляризационных методов для анализа структуры и свойств биологических тканей и материалов.

ТЕМА 8. ФИЗИКА ЛАЗЕРОВ.

В результате изучения темы у обучающихся формируются следующие компетенции (в соответствии с образовательным стандартом):

ИД-1_{ПК-1}

Использует знания в области биофизики и медицинской инженерии для решения профессиональных задач.

ИД-1_{ПК-2}

Разрабатывает и совершенствует методики анализа биофизических параметров с целью повышения их конкурентоспособности

ИД-1_{ПК-4}

Оценивает свою роль и ответственность в профессиональной деятельности.

ИД-2_{ПК-4}

Анализирует проблемы развития методик научных исследований с учетом последних достижений в области биофизики и медицинской инженерии

В результате освоения дисциплины студент должен демонстрировать:

Готовность понимать основные физические принципы работы лазеров, включая процессы возбуждения и генерации когерентного излучения.

Готовность применять знания о свойствах лазерного излучения для решения биофизических и медицинских инженерных задач.

Готовность анализировать спектральные, пространственные и временные характеристики лазерного излучения.

Готовность использовать математические модели для описания процессов инверсии населенностей и усиления света.

Готовность выбирать и эксплуатировать различные типы лазеров в лабораторных и прикладных условиях.

Готовность оценивать влияние параметров лазера на качество и эффективность его применения.

Готовность формулировать технические задания для разработки и оптимизации лазерных систем в биофизике и медицине.

Вопросы для обсуждения

1. Основные компоненты и принципы работы лазера.
2. Процессы накачки и инверсии населенностей.
3. Типы лазеров и их характеристики: твердотельные, газовые, полупроводниковые, волоконные.
4. Свойства лазерного излучения: когерентность, монохроматичность, направленность.
5. Применение лазеров в биофизике и медицинской инженерии.

ТЕМА 9. ОПТИКА ФОТОННЫХ КРИСТАЛЛОВ.

В результате изучения темы у обучающихся формируются следующие компетенции (в соответствии с образовательным стандартом):

ИД-1_{ПК-1}

Использует знания в области биофизики и медицинской инженерии для решения профессиональных задач.

ИД-1_{ПК-2}

Разрабатывает и совершенствует методики анализа биофизических параметров с целью повышения их конкурентоспособности

ИД-1_{ПК-4}

Оценивает свою роль и ответственность в профессиональной деятельности.

ИД-2_{ПК-4}

Анализирует проблемы развития методик научных исследований с учетом последних достижений в области биофизики и медицинской инженерии

В результате освоения дисциплины студент должен демонстрировать:

Готовность оценить актуальность решаемой задачи оптики конденсированных сред на основе анализа научной литературы и информационных материалов по тематике исследования.

Готовность использовать знания в области оптики конденсированных сред для разработки методов нахождения решения поставленных профессиональных задач.

Готовность адекватно применить математический инструментарий при формулировке моделирующих физический процесс уравнений в оптике конденсированных сред.

Готовность выбирать и использовать на практике соответствующие методы спектроскопии для решения задач, связанных с изучением строения и механизмов, лежащих в основе различных явлений в конденсированных средах.

Готовность проводить анализ состояния научно-технической проблемы в области оптики конденсированных сред и формулировать техническое задание.

Готовность провести отбор профессионального лабораторного оборудования, необходимого для осуществления проектной деятельности в области оптики конденсированных сред.

Готовность выстроить стратегию достижения поставленных целей, цикла жизни проекта, возникающие риски.

Вопросы для обсуждения

1. Общие сведения о фотонных кристаллах.
2. Классификация фотонных кристаллов.
3. Теория фотонных запрещенных зон.
4. Образование запрещенной зоны в электромагнитном спектре.
5. Дефекты в фотонных кристаллах.
6. Изготовление фотонных кристаллов.
7. Применение фотонных кристаллов.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Физические основы лазеров и оптических источников

Методические указания для обучающихся по организации и проведению самостоятельной работы

Направление подготовки 03.04.02 Физика

Направленность (профиль)

«Биофизика и медицинская инженерия»

Квалификация выпускника: магистр

**Ставрополь
2026**

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	19
ПЛАН-ГРАФИК ВЫПОЛНЕНИЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ	21
МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИЗУЧЕНИЮ ТЕОРЕТИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛА, ПОДГОТОВКЕ К ЛАБОРАТОРНЫМ РАБОТАМ	23
ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА ЗАДАНИЙ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО КОНСПЕКТИРОВАНИЯ.....	26
ВОПРОСЫ ДЛЯ СОБЕСЕДОВАНИЯ	27

ВВЕДЕНИЕ

Самостоятельная работа – планируемая учебная, учебно-исследовательская, научно-исследовательская работа студентов, выполняемая во внеаудиторное (аудиторное) время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия (при частичном непосредственном участии преподавателя, оставляющем ведущую роль за работой студента).

Самостоятельная работа студента является важным видом учебной и научной деятельности студента. Федеральным государственным образовательным стандартом предусматривается значительный объем времени из общей трудоемкости дисциплины на самостоятельную работу. В связи с этим, обучение включает в себя две, практически одинаковые по объему и взаимовлиянию части – процесса обучения и процесса самообучения. Поэтому самостоятельная работа должна стать эффективной и целенаправленной работой студента.

Концепцией модернизации российского образования определены основные задачи профессионального образования – подготовка квалифицированного работника соответствующего уровня и профиля, конкурентоспособного на рынке труда, компетентного, ответственного, свободно владеющего своей профессией и ориентированного в смежных областях деятельности, способного к эффективной работе по специальности на уровне мировых стандартов, готового к постоянному профессиональному росту, социальной и профессиональной мобильности.

Решение этих задач невозможно без повышения роли самостоятельной работы студентов над учебным материалом, усиления ответственности преподавателей за развитие навыков самостоятельной работы, за стимулирование профессионального роста студентов, воспитание творческой активности и инициативы.

Самостоятельная работа студента предполагает, прежде всего, его научно-исследовательскую и практическую деятельность, поскольку именно эти виды учебной работы в первую очередь готовят к самостоятельному выполнению профессиональных задач. Конечной целью самостоятельной работы является организация самостоятельной познавательной деятельности, формирование умения самостоятельно анализировать информацию, выделять главное и второстепенное.

Основными формами самостоятельной работы студентов по дисциплине «Оптика конденсированных сред» являются:

- подготовка к практическому занятию;
- самостоятельное изучение литературы;

Практическое занятие – обсуждение проблемы, темы по заранее заданной структуре (вопросам) с предварительным углубленной самостоятельной проработкой материала. Семинары помогают овладеть понятийно-терминологическим аппаратом, свободно оперировать им, понимать практическое приложение теории, прививают навыки самостоятельного мышления, устного выступления.

В результате изучения дисциплины у обучающихся формируются следующие компетенции (в соответствии с образовательным стандартом):

Использует знания в области биофизики и медицинской инженерии для решения профессиональных задач.

ИД-1_{ПК-2}

Разрабатывает и совершенствует методики анализа биофизических параметров с целью повышения их конкурентоспособности

ИД-1_{ПК-4}

Оценивает свою роль и ответственность в профессиональной деятельности.

ИД-2_{ПК-4}

Анализирует проблемы развития методик научных исследований с учетом последних достижений в области биофизики и медицинской инженерии

В результате освоения дисциплины студент должен демонстрировать:

Готовность оценить актуальность решаемой задачи оптики конденсированных сред на основе анализа научной литературы и информационных материалов по тематике исследования.

Готовность использовать знания в области оптики конденсированных сред для разработки методов нахождения решения поставленных профессиональных задач.

Готовность адекватно применить математический инструментарий при формулировке моделирующих физический процесс уравнений в оптике конденсированных сред.

Готовность выбирать и использовать на практике соответствующие методы спектроскопии для решения задач, связанных с изучением строения и механизмов, лежащих в основе различных явлений в конденсированных средах.

Готовность проводить анализ состояния научно-технической проблемы в области оптики конденсированных сред и формулировать техническое задание.

Готовность провести отбор профессионального лабораторного оборудования, необходимого для осуществления проектной деятельности в области оптики конденсированных сред.

Готовность выстроить стратегию достижения поставленных целей, цикла жизни проекта, возникающие риски.

ПЛАН-ГРАФИК ВЫПОЛНЕНИЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Вид деятельности студентов	Итоговый продукт самостоятельной работы	Средства и технологии оценки	Время сдачи
Подготовка к практическому занятию «Основные положения спектроскопии и ее разделы. Основные характеристики уровней энергии»	Отчет	Собеседование	Практическое занятие № 1
Подготовка к практическому занятию «Симметрия атомных систем и их уровней энергии. Вероятности переходов и правила отбора.»	Отчет	Собеседование	Практическое занятие № 2
Подготовка к практическому занятию «Уровни энергии и спектры атома водорода и водородоподобных систем. Электронные оболочки атомов и периодическая система элементов»	Отчет	Собеседование	Практическое занятие № 3
Подготовка к практическому занятию «Основы общей систематики сложных спектров. Явление Зеемана и магнитный резонанс»	Отчет	Собеседование	Практическое занятие № 4
Подготовка к практическому занятию «Методы электронной спектроскопии»	Отчет	Собеседование	Практическое занятие № 5
Подготовка к практическому занятию «Виды движения в молекуле и типы молекулярных спектров. Вращение молекул и вращательные спектры. Колебания молекул и колебательные спектры»	Отчет	Собеседование	Практическое занятие № 6
Подготовка к практическому занятию «Электронные состояния и электронные спектры молекул. Электронные состояния и химическая связь в двухатомных молекулах.»	Отчет	Собеседование	Практическое занятие № 7
Подготовка к практическому занятию «Молекулярный спектральный анализ по	Отчет	Собеседование	Практическое занятие № 8

Вид деятельности студентов	Итоговый продукт самостоятельной работы	Средства и технологии оценки	Время сдачи
инфракрасным спектрам поглощения и по спектрам комбинационного рассеяния. Люминесцентный анализ»			
Подготовка к практическому занятию «Лазеры и лазерная спектроскопия. Оптика фотонных кристаллов»	Отчет	Собеседование	Практическое занятие № 9
Самостоятельное изучение литературы	Конспект	Собеседование	8 неделя

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИЗУЧЕНИЮ ТЕОРЕТИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛА

При подготовке к практическим занятиям необходимо:

- повторить материал соответствующих лекций;
- внимательно изучить описание практического занятия, изложенное в практикуме;
- ответить на вопросы по содержанию практического занятия, задаваемые преподавателем на предварительном опросе перед выполнением заданий.

Все практические занятия предполагают выполнение заданий, решение задач.

В результате выполнения заданий достигаются следующие результаты обучения:

- развитие мышления и творческих способностей студента,
- приобретение и закрепление навыков самостоятельной работы,
- приобретение и закрепление навыков оформления и составления письменных заданий.

Примерные вопросы по содержанию практических занятий.

Практическое занятие №1 «Основные положения спектроскопии и ее разделы. Основные характеристики уровней энергии»

1. Сформулируйте основные квантовые законы.
2. Уровни энергии и переходы между ними.
3. Спектры поглощения испускания и рассеяния
4. Деление спектроскопии по свойствам излучения.
5. Деление спектроскопии по свойствам атомных спектров.
6. Краткий исторический обзор развития атомной спектроскопии.

Практическое занятие №2 «Симметрия атомных систем и их уровней энергии. Вероятности переходов и правила отбора.»

1. Невырожденные и вырожденные уровни энергии.
2. Значение физических величин в стационарных состояниях.
3. Квантование моментов количества движения и их проекций.
4. Сложение моментов количества движения.
5. Магнитные моменты и их связь с механическими моментами.
6. Прецессия и взаимодействие магнитных моментов.

Практическое занятие №3 «Уровни энергии и спектры атома водорода и водородоподобных систем. Электронные оболочки атомов и периодическая система элементов»

1. Общая характеристика симметрии атомных систем.
2. Основные понятия теории групп.
3. Важнейшие группы.
4. Невырожденные типы симметрии.
5. Вырожденные типы симметрии.
6. Вероятность спонтанных переходов.
7. Вероятность вынужденных переходов.
8. Время жизни возбужденных состояний.
9. Дипольное излучение.
10. Магнитное дипольное излучение.
11. Силы осцилляторов.
12. Естественная ширина уровней энергии и спектральных линий.
13. Правила отбора для простейших видов симметрии.
14. Правила отбора для момента количества движения и его проекции.

15. Квантовые числа одноэлектронного атома.
16. Степени вырождения уровней.
17. Зависимость спектров одноэлектронных атомов от заряда и массы ядра.
18. Стационарные состояния одноэлектронного атома.
19. Правила отбора и вероятности переходов.
20. Тонкая структура уровней энергии и спектральных линий.
21. Сдвиг уровней.
22. Квантовые числа электронов в сложном атоме.
23. Принцип Паули
24. Электронные слои и оболочки. Их заполнение.
25. Зависимость энергии электронов от азимутального квантового числа.
26. Заполнение электронных слоев и оболочек.
27. Свойства элементов с заполненными и незаполненными оболочками.
28. Типы спектров различных элементов.

Практическое занятие №4 «Основы общей систематики сложных спектров. Явление Зеемана и магнитный резонанс»

1. Сложение орбитальных и спиновых моментов.
2. Типы связей.
3. Общая характеристика нормальной связи.
4. Термы конфигураций, состоящих из эквивалентных электронов.
5. Термы смешанных конфигураций, содержащих эквивалентные электроны.
6. Мультиплетное расщепление.
7. Случай j, j -связи.
8. Расщепление уровней энергии в магнитном поле.
9. Общая картина расщепления спектральных линий в слабом поле.
10. Множители g в случае слабого поля.
11. Типы зеемановского расщепления.
12. Явление Зеемана в сильных и промежуточных полях.
13. Общая характеристика магнитного резонанса.
14. Методы исследования электронного магнитного резонанса.

Практическое занятие №5 «Методы электронной спектроскопии.»

1. Методы рентгеновской спектроскопии.
2. Рентгеновская флуоресцентная спектроскопия.
3. Рентгеновская адсорбционная спектроскопия.
4. Методы электронной спектроскопии.
5. Общие представления о методах электронной спектроскопии.
6. Ультрафиолетовая электронная спектроскопия.
7. Электронная спектроскопия химического анализа.
8. Электронная ОЖ-спектроскопия.

Практическое занятие №6 «Виды движения в молекуле и типы молекулярных спектров. Вращение молекул и вращательные спектры. Колебания молекул и колебательные спектры.»

1. Виды движения в молекуле.
2. Разделение движений электронной и ядерной подсистем (адиабатическое приближение).
3. Разделение колебательного и вращательного движения ядер.
4. Общая схема энергетических уровней молекулы.
5. Основные типы спектров.
6. Вращательные уровни и вращательные переходы в случае линейных молекул.
7. Вращение двухатомной молекулы.
8. Вращательные уровни молекул типа сферического волчка.
9. Моменты инерции и вращательные постоянные молекул типа симметричных и ассиметричных волчков.
10. Вращательные уровни молекул типа симметричного волчка.

11. Вращательные уровни молекул типа асимметричного волчка.
12. Вращательные спектры и структура молекулы.
13. Гармонические колебания двухатомной молекулы.
14. Квантовомеханическая характеристика гармонического осциллятора.
15. Ангармоничность колебаний и схождение колебательных уровней к границе диссоциации.
16. Построение кривых потенциальной энергии по опытным данным.
17. Колебательно-вращательные спектры двухатомных молекул.
18. Вращательная структура колебательно-вращательных полос.

Практическое занятие №7 «Электронные состояния и электронные спектры молекул. Электронные состояния и химическая связь в двухатомных молекулах»

1. Колебательная структура электронных переходов.
2. Принцип Франка-Кондона и относительные интенсивности электронно-колебательных полос.
3. Общая характеристика вращательной структуры электронно-колебательных полос.
4. Взаимодействие электронного движения с вращательным.
5. Правила отбора и типы электронных переходов.
6. Возмущения и преддиссоциация в спектрах двухатомных молекул.
7. Свойства электронных состояний молекул и химическая связь.
8. Классификация электронных состояний двухатомной молекулы как целого.
9. Соответствие между электронными состояниями молекулы как целого и образующих ее атомов.
10. Характеристики отдельных электронов в молекуле и молекулярные электронные оболочки.
11. Электронные состояния и химическая связь в молекуле водорода.
12. Электронные оболочки и химическая связь в молекуле водорода.

Практическое занятие №8 «Молекулярный спектральный анализ по инфракрасным спектрам поглощения и по спектрам комбинационного рассеяния. Люминесцентный анализ»

1. Основы абсорбционной спектрофотометрии.
2. Техника инфракрасной спектроскопии.
3. Качественный анализ по ИК-спектрам поглощения.
4. Количественный анализ по ИК-спектрам поглощения.
5. Физические основы люминесцентного анализа.
6. Аппаратура для люминесцентного анализа.
7. Качественный люминесцентный анализ.
8. Количественный люминесцентный анализ.

Практическое занятие №9 «Лазеры и лазерная спектроскопия. Оптика фотонных кристаллов»

1. Газовые лазеры на нейтральных атомах.
2. Конструкция гелий-неонового лазера.
3. Условия возбуждения лазерной генерации.
4. Спектральные характеристики излучения газового лазера.
5. Лазеры на ионах инертных газов.
6. Ионный аргоновый лазер: устройство и принцип действия.
7. Ионные лазеры на парах твердых веществ He-Cd и He-Se-лазеры. Устройство и принцип действия.
8. Нелинейная лазерная спектроскопия.
9. Классификация фотонных кристаллов.
10. Теория фотонных запрещенных зон.
11. Дефекты в фотонных кристаллах.
12. Изготовление фотонных кристаллов.
13. Применение фотонных кристаллов.

ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА ЗАДАНИЙ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО КОНСПЕКТИРОВАНИЯ

1. Симметрия атомных систем и их уровней энергии.
2. Естественная ширина уровней энергии и спектральных линий. Правила отбора для простейших видов симметрии.
3. Явление Зеемана и магнитный резонанс.
4. Методы электронной спектроскопии.
5. Эффект Шпольского. Квазилинейчатые спектры люминесценции. Их природа и особенности.

ВОПРОСЫ ДЛЯ СОБЕСЕДОВАНИЯ

Вопросы для проверки уровня обученности

1. Виды движения в молекуле. Общая схема энергетических уровней молекул.
2. Вращение двухатомных молекул. Вращательная энергия двухатомной молекулы.
3. Вращательные переходы. Вращательные спектры поглощения и комбинационного рассеяния двухатомной молекулы.
4. Определение межъядерных расстояний и моментов инерции двухатомных молекул из вращательных ИК- и КР-спектров.
5. Вращательные уровни и вращательные спектры молекул типа симметричного волчка.
6. Вращательные уровни и вращательные спектры молекул типа асимметричного волчка.
7. Гармонические колебания двухатомных молекул. Схемы уровней. Переходы. Спектр поглощения.
8. Ангармоничность колебаний двухатомных молекул. Схождение колебательных уровней к границе диссоциации.
9. Правила отбора для ангармонического осциллятора. Спектр поглощения ангармонического осциллятора.
10. Колебательно-вращательные переходы. Колебательно-вращательный ИК-спектр двухатомной молекулы.
11. Колебательно-вращательные переходы. Колебательно-вращательный КР-спектр двухатомной молекулы.
12. Определение собственной частоты колебаний, постоянной ангармонизма и энергии диссоциации из ИК-спектра поглощения двухатомной молекулы.
13. Определение собственной частоты колебаний, постоянной ангармонизма и энергии диссоциации из колебательного КР-спектра.
14. Вращательная структура колебательно-вращательных полос. Определение момента инерции и межъядерных расстояний из колебательно-вращательных спектров.
15. Электронные спектры двухатомных молекул. Колебательная структура электронных переходов. Принцип Франка-Кондона.
16. Электронно-колебательно-вращательные спектры двухатомных молекул. P-, Q- и R-ветви.
17. Таблица Деландра для системы электронно-колебательных переходов. Канты полос.
18. Определение собственной частоты колебаний, постоянной ангармонизма и энергии диссоциации из электронно-колебательных спектров поглощения.
19. Законы поглощения света и количественный анализ по спектрам поглощения.
20. Эффект Шпольского. Квазилинейчатые спектры люминесценции. Их природа и особенности.
21. Газовые лазеры.
22. Лазеры на красителях.
23. Твердотельные лазеры.
24. Полупроводниковые лазеры.
25. Классификация фотонных кристаллов.
26. Методы получения фотонных кристаллов.
27. Применение фотонных кристаллов.

Задачи для проверки уровня обученности

1. Постройте систему первых пяти вращательных состояний молекулы HCl , используя таблицу молекулярных постоянных. Основываясь на правилах отбора для ΔJ , рассчитайте и нарисуйте схему ИК и КР-вращательных спектров.
2. Постройте систему первых пяти вращательных состояний молекулы HBr , используя таблицу молекулярных постоянных. Основываясь на правилах отбора для ΔJ , рассчитайте и нарисуйте схему ИК и КР-вращательных спектров.
3. Постройте систему первых пяти вращательных состояний молекулы NO , используя таблицу молекулярных постоянных. Основываясь на правилах отбора для ΔJ , рассчитайте и нарисуйте схему ИК и КР-вращательных спектров.
4. Постройте систему первых пяти вращательных состояний молекулы SO , используя таблицу молекулярных постоянных. Основываясь на правилах отбора для ΔJ , рассчитайте и нарисуйте схему ИК и КР-вращательных спектров.

5. Постройте систему первых пяти вращательных состояний молекулы CO, используя таблицу молекулярных постоянных. Основываясь на правилах отбора для ΔJ , рассчитайте и нарисуйте схему ИК и КР-вращательных спектров.
6. Рассчитайте с точностью до трех значащих цифр положение (в см^{-1} , мм и МГц) первых четырех линий поглощения вращательного спектра молекулы H^{37}Cl в длинноволновой ИК-области, если межъядерное расстояние $r_0 = 1,27 \text{ \AA}$. Нарисуйте систему вращательных уровней, возможные переходы между ними и спектр. В каком направлении будет смещена система уровней и спектр для изотопозамещенной молекулы H^{35}Cl ?
7. Во вращательном КР-спектре дейтериевого водорода (HD) наблюдаются линии со следующими смещениями относительно возбуждающей линии: 267,09; 443,08; 616,09 и 784,99 см^{-1} . Рассчитайте вращательную постоянную B_0 , момент инерции I_0 и межъядерное расстояние r_0 , пренебрегая эффектом центробежного растяжения.
8. Во вращательном КР-спектре дейтерия наблюдаются линии со следующими смещениями относительно возбуждающей линии: 179,06; 297,52; 414,66 и 529,91 см^{-1} . Рассчитайте вращательную постоянную B_0 , момент инерции I_0 и межъядерное расстояние r_0 , пренебрегая эффектом центробежного растяжения.