

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

ОПТИКА КОНДЕНСИРОВАННЫХ СРЕД

Методические указания по выполнению лабораторных работ

Направление подготовки 03.03.02 Физика

Направленность (профиль)

«Фундаментальная и прикладная физика»

**Ставрополь
2026**

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.

Тема 1. Основные положения спектроскопии и ее разделы. Основные характеристики уровней энергии.

Тема 2. Симметрия атомных систем и их уровней энергии. Вероятности переходов и правила отбора.

Тема 3. Уровни энергии и спектры атома водорода и водородоподобных систем. Электронные оболочки атомов и периодическая система элементов

Тема 4. Основы общей систематики сложных спектров. Явление Зеемана и магнитный резонанс.

Тема 5. Методы электронной спектроскопии.

Тема 6. Виды движения в молекуле и типы молекулярных спектров. Вращение молекул и вращательные спектры. Колебания молекул и колебательные спектры.

Тема 7. . Электронные состояния и электронные спектры молекул. Электронные состояния и химическая связь в двухатомных молекулах.

Тема 8. Молекулярный спектральный анализ по инфракрасным спектрам поглощения и по спектрам комбинационного рассеяния. Люминесцентный анализ

Тема 9. Лазеры и лазерная спектроскопия. Оптика фотонных кристаллов

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность учебной дисциплины «Оптика конденсированных сред» обусловлена необходимостью формирования у будущих бакалавров 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 бакалавра по направлению 03.03.02 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}

способен оценить актуальность решаемой задачи на основе анализа научной литературы и информационных материалов по тематике исследования.

ИД-2_{ПК-1}

использует знания в области фундаментальной и прикладной физики для разработки методов нахождения решения поставленных профессиональных задач.

ИД-3_{ПК-1} способен адекватно применить математический инструментарий при формулировке моделирующих физический процесс уравнений.

ИД-4_{ПК-1} владеет методологией теоретического, математического и численного моделирования физических процессов, объектов и явлений с использованием как общепринятых методов теоретического и математического моделирования, стандартных пакетов автоматизированного проектирования, так и самостоятельно создаваемых оригинальных методов и программ.

ИД-1_{ПК-4}

умеет проводить анализ состояния научно-технической проблемы и формулировать техническое задание

ИД-2_{ПК-4}

умеет применять методологический аппарат для решения фундаментальных и прикладных задач физики, формулировать требования к физическим характеристикам разрабатываемых вопросов, а также

провести отбор профессионального лабораторного оборудования, необходимого для осуществления проектной деятельности.

ИД-ЗПК-4

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

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.

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.

Лабораторные занятия 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 лабораторной работы.

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. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ СПЕКТРОСКОПИИ И ЕЕ РАЗДЕЛЫ. ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ УРОВНЕЙ ЭНЕРГИИ.

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

ИД-1_{ПК-1}

способен оценить актуальность решаемой задачи на основе анализа научной литературы и информационных материалов по тематике исследования.

ИД-2_{ПК-1}

использует знания в области фундаментальной и прикладной физики для разработки методов нахождения решения поставленных профессиональных задач.

ИД-3_{ПК-1} способен адекватно применить математический инструментарий при формулировке моделирующих физический процесс уравнений.

ИД-4_{ПК-1} владеет методологией теоретического, математического и численного моделирования физических процессов, объектов и явлений с использованием как общепринятых методов теоретического и математического моделирования, стандартных пакетов автоматизированного проектирования, так и самостоятельно создаваемых оригинальных методов и программ.

ИД-1_{ПК-4}

умеет проводить анализ состояния научно-технической проблемы и формулировать техническое задание

ИД-2_{ПК-4}

умеет применять методологический аппарат для решения фундаментальных и прикладных задач физики, формулировать требования к физическим характеристикам разрабатываемых вопросов, а также провести отбор профессионального лабораторного оборудования, необходимого для осуществления проектной деятельности.

ИД-3_{ПК-4}

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

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. Основные квантовые законы.
2. Уровни энергии и переходы между ними.
3. Спектры поглощения испускания и рассеяния.
4. Деление спектроскопии по свойствам излучения, по свойствам атомных спектров.
5. Невырожденные и вырожденные уровни энергии.
6. Значение физических величин в стационарных состояниях.
7. Квантование моментов количества движения и их проекций.
8. Сложение моментов количества движения.

ТЕМА 2. СИММЕТРИЯ АТОМНЫХ СИСТЕМ И ИХ УРОВНЕЙ ЭНЕРГИИ. ВЕРОЯТНОСТИ ПЕРЕХОДОВ И ПРАВИЛА ОТБОРА.

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

ИД-1_{ПК-1}

способен оценить актуальность решаемой задачи на основе анализа научной литературы и информационных материалов по тематике исследования.

ИД-2_{ПК-1}

использует знания в области фундаментальной и прикладной физики для разработки методов нахождения решения поставленных профессиональных задач.

ИД-3_{ПК-1} способен адекватно применить математический инструментарий при формулировке моделирующих физический процесс уравнений.

ИД-4_{ПК-1} владеет методологией теоретического, математического и численного моделирования физических процессов, объектов и явлений с использованием как общепринятых методов теоретического и математического моделирования, стандартных пакетов автоматизированного проектирования, так и самостоятельно создаваемых оригинальных методов и программ.

ИД-1_{ПК-4}

умеет проводить анализ состояния научно-технической проблемы и формулировать техническое задание

ИД-2_{ПК-4}

умеет применять методологический аппарат для решения фундаментальных и прикладных задач физики, формулировать требования к физическим характеристикам разрабатываемых вопросов, а также провести отбор профессионального лабораторного оборудования, необходимого для осуществления проектной деятельности.

ИД-3_{ПК-4}

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

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. Общая характеристика симметрии атомных систем.
2. Основные понятия теории групп. Важнейшие группы.
3. Вероятность спонтанных переходов.
4. Вероятность вынужденных переходов.
5. Время жизни возбужденных состояний.
6. Естественная ширина уровней энергии и спектральных линий.
7. Правила отбора для простейших видов симметрии.

ТЕМА 3. УРОВНИ ЭНЕРГИИ И СПЕКТРЫ АТОМА ВОДОРОДА И ВОДОРОДОПОДОБНЫХ СИСТЕМ.

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

ИД-1_{ПК-1}

способен оценить актуальность решаемой задачи на основе анализа научной литературы и информационных материалов по тематике исследования.

ИД-2_{ПК-1}

использует знания в области фундаментальной и прикладной физики для разработки методов нахождения решения поставленных профессиональных задач.

ИД-3_{ПК-1} способен адекватно применить математический инструментарий при формулировке моделирующих физический процесс уравнений.

ИД-4_{ПК-1} владеет методологией теоретического, математического и численного моделирования физических процессов, объектов и явлений с использованием как общепринятых методов теоретического и математического моделирования, стандартных пакетов автоматизированного проектирования, так и самостоятельно создаваемых оригинальных методов и программ.

ИД-1_{ПК-4}

умеет проводить анализ состояния научно-технической проблемы и формулировать техническое задание

ИД-2_{ПК-4}

умеет применять методологический аппарат для решения фундаментальных и прикладных задач физики, формулировать требования к физическим характеристикам разрабатываемых вопросов, а также провести отбор профессионального лабораторного оборудования, необходимого для осуществления проектной деятельности.

ИД-3_{ПК-4}

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

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. Квантовые числа одноэлектронного атома.
2. Степени вырождения уровней.
3. Стационарные состояния одноэлектронного атома.
4. Правила отбора и вероятности переходов.
5. Квантовые числа электронов в сложном атоме.
6. Принцип Паули.
7. Электронные слои и оболочки. Их заполнение.

ТЕМА 4. ОСНОВЫ ОБЩЕЙ СИСТЕМАТИКИ СЛОЖНЫХ СПЕКТРОВ. ЯВЛЕНИЕ ЗЕЕМАНА И МАГНИТНЫЙ РЕЗОНАНС.

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

ИД-1_{ПК-1}

способен оценить актуальность решаемой задачи на основе анализа научной литературы и информационных материалов по тематике исследования.

ИД-2_{ПК-1}

использует знания в области фундаментальной и прикладной физики для разработки методов нахождения решения поставленных профессиональных задач.

ИД-3_{ПК-1} способен адекватно применить математический инструментарий при формулировке моделирующих физический процесс уравнений.

ИД-4_{ПК-1} владеет методологией теоретического, математического и численного моделирования физических процессов, объектов и явлений с использованием как общепринятых методов теоретического и математического моделирования, стандартных пакетов автоматизированного проектирования, так и самостоятельно создаваемых оригинальных методов и программ.

ИД-1_{ПК-4}

умеет проводить анализ состояния научно-технической проблемы и формулировать техническое задание

ИД-2_{ПК-4}

умеет применять методологический аппарат для решения фундаментальных и прикладных задач физики, формулировать требования к физическим характеристикам разрабатываемых вопросов, а также провести отбор профессионального лабораторного оборудования, необходимого для осуществления проектной деятельности.

ИД-3_{ПК-4}

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

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. 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. Расщепление уровней энергии в магнитном поле.
7. Общая картина расщепления спектральных линий в слабом поле.
8. Явление Зеемана в сильных и промежуточных полях.
9. Общая характеристика магнитного резонанса.

ТЕМА 5. МЕТОДЫ ЭЛЕКТРОННОЙ СПЕКТРОСКОПИИ.

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

ИД-1_{ПК-1}

способен оценить актуальность решаемой задачи на основе анализа научной литературы и информационных материалов по тематике исследования.

ИД-2_{ПК-1}

использует знания в области фундаментальной и прикладной физики для разработки методов нахождения решения поставленных профессиональных задач.

ИД-3_{ПК-1} способен адекватно применить математический инструментарий при формулировке моделирующих физический процесс уравнений.

ИД-4_{ПК-1} владеет методологией теоретического, математического и численного моделирования физических процессов, объектов и явлений с использованием как общепринятых методов теоретического и математического моделирования, стандартных пакетов автоматизированного проектирования, так и самостоятельно создаваемых оригинальных методов и программ.

ИД-1_{ПК-4}

умеет проводить анализ состояния научно-технической проблемы и формулировать техническое задание

ИД-2_{ПК-4}

умеет применять методологический аппарат для решения фундаментальных и прикладных задач физики, формулировать требования к физическим характеристикам разрабатываемых вопросов, а также провести отбор профессионального лабораторного оборудования, необходимого для осуществления проектной деятельности.

ИД-3_{ПК-4}

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

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. Методы рентгеновской спектроскопии.
2. Общие представления о методах электронной спектроскопии.

ТЕМА 6. ВИДЫ ДВИЖЕНИЯ В МОЛЕКУЛЕ И ТИПЫ МОЛЕКУЛЯРНЫХ СПЕКТРОВ. ВРАЩЕНИЕ МОЛЕКУЛ И ВРАЩАТЕЛЬНЫЕ СПЕКТРЫ. КОЛЕБАНИЯ МОЛЕКУЛ И КОЛЕБАТЕЛЬНЫЕ СПЕКТРЫ.

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

ИД-1_{ПК-1}

способен оценить актуальность решаемой задачи на основе анализа научной литературы и информационных материалов по тематике исследования.

ИД-2_{ПК-1}

использует знания в области фундаментальной и прикладной физики для разработки методов нахождения решения поставленных профессиональных задач.

ИД-3_{ПК-1} способен адекватно применить математический инструментарий при формулировке моделирующих физический процесс уравнений.

ИД-4_{ПК-1} владеет методологией теоретического, математического и численного моделирования физических процессов, объектов и явлений с использованием как общепринятых методов теоретического и математического моделирования, стандартных пакетов автоматизированного проектирования, так и самостоятельно создаваемых оригинальных методов и программ.

ИД-1_{ПК-4}

умеет проводить анализ состояния научно-технической проблемы и формулировать техническое задание

ИД-2_{ПК-4}

умеет применять методологический аппарат для решения фундаментальных и прикладных задач физики, формулировать требования к физическим характеристикам разрабатываемых вопросов, а также провести отбор профессионального лабораторного оборудования, необходимого для осуществления проектной деятельности.

ИД-3_{ПК-4}

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

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. Разделение энергии молекулы на части и основные типы спектров.
2. Порядок величин электронной, колебательной и вращательной энергий.
3. Зависимость электронной энергии молекулы от расстояний между ядрами.
4. Колебательные и вращательные степени свободы и отделение колебаний от вращения.
5. Характеристики переходов и интенсивности в случае спектров поглощения и испускания.
6. Колебания двухатомных молекул как частный случай колебаний любых молекул.
7. Гармонические колебания двухатомной молекулы.
8. Квантовомеханическая характеристика гармонического осциллятора.
9. Ангармоничность колебаний и схождение колебательных уровней к границе диссоциации.
10. Построение кривых потенциальной энергии по опытным данным.
11. Колебательно-вращательные спектры двухатомных молекул.
12. Вращательная структура колебательно-вращательных полос.

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. ЭЛЕКТРОННЫЕ СОСТОЯНИЯ И ЭЛЕКТРОННЫЕ СПЕКТРЫ МОЛЕКУЛ. ЭЛЕКТРОННЫЕ СОСТОЯНИЯ И ХИМИЧЕСКАЯ СВЯЗЬ В ДВУХАТОМНЫХ МОЛЕКУЛАХ.

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

ИД-1_{ПК-1}

способен оценить актуальность решаемой задачи на основе анализа научной литературы и информационных материалов по тематике исследования.

ИД-2_{ПК-1}

использует знания в области фундаментальной и прикладной физики для разработки методов нахождения решения поставленных профессиональных задач.

ИД-3_{ПК-1} способен адекватно применить математический инструментарий при формулировке моделирующих физический процесс уравнений.

ИД-4_{ПК-1} владеет методологией теоретического, математического и численного моделирования физических процессов, объектов и явлений с использованием как общепринятых методов теоретического и математического моделирования, стандартных пакетов автоматизированного проектирования, так и самостоятельно создаваемых оригинальных методов и программ.

ИД-1_{ПК-4}

умеет проводить анализ состояния научно-технической проблемы и формулировать техническое задание

ИД-2_{ПК-4}

умеет применять методологический аппарат для решения фундаментальных и прикладных задач физики, формулировать требования к физическим характеристикам разрабатываемых вопросов, а также провести отбор профессионального лабораторного оборудования, необходимого для осуществления проектной деятельности.

ИД-3_{ПК-4}

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

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. 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.

ТЕМА 8. МОЛЕКУЛЯРНЫЙ СПЕКТРАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПО ИНФРАКРАСНЫМ СПЕКТРАМ ПОГЛОЩЕНИЯ И ПО СПЕКТРАМ КОМБИНАЦИОННОГО РАССЕЯНИЯ. ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫЙ АНАЛИЗ.

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

ИД-1_{ПК-1}

способен оценить актуальность решаемой задачи на основе анализа научной литературы и информационных материалов по тематике исследования.

ИД-2_{ПК-1}

использует знания в области фундаментальной и прикладной физики для разработки методов нахождения решения поставленных профессиональных

задач.

ИД-3_{ПК-1} способен адекватно применить математический инструментарий при формулировке моделирующих физический процесс уравнений.

ИД-4_{ПК-1} владеет методологией теоретического, математического и численного моделирования физических процессов, объектов и явлений с использованием как общепринятых методов теоретического и математического моделирования, стандартных пакетов автоматизированного проектирования, так и самостоятельно создаваемых оригинальных методов и программ.

ИД-1_{ПК-4}

умеет проводить анализ состояния научно-технической проблемы и формулировать техническое задание

ИД-2_{ПК-4}

умеет применять методологический аппарат для решения фундаментальных и прикладных задач физики, формулировать требования к физическим характеристикам разрабатываемых вопросов, а также провести отбор профессионального лабораторного оборудования, необходимого для осуществления проектной деятельности.

ИД-3_{ПК-4}

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

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. 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.

ТЕМА 9. ЛАЗЕРЫ И ЛАЗЕРНАЯ СПЕКТРОСКОПИЯ. ОПТИКА ФОТОННЫХ КРИСТАЛЛОВ.

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

ИД-1_{ПК-1}

способен оценить актуальность решаемой задачи на основе анализа научной литературы и информационных материалов по тематике исследования.

ИД-2_{ПК-1}

использует знания в области фундаментальной и прикладной физики для разработки методов нахождения решения поставленных профессиональных задач.

ИД-3_{ПК-1} способен адекватно применить математический инструментарий при формулировке моделирующих физический процесс уравнений.

ИД-4_{ПК-1} владеет методологией теоретического, математического и численного моделирования физических процессов, объектов и явлений с использованием как общепринятых методов теоретического и математического моделирования, стандартных пакетов автоматизированного проектирования, так и самостоятельно создаваемых оригинальных методов и программ.

ИД-1_{ПК-4}

умеет проводить анализ состояния научно-технической проблемы и формулировать техническое задание

ИД-2_{ПК-4}

умеет применять методологический аппарат для решения фундаментальных и прикладных задач физики, формулировать требования к физическим характеристикам разрабатываемых вопросов, а также провести отбор профессионального лабораторного оборудования, необходимого для осуществления проектной деятельности.

ИД-3_{ПК-4}

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

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. 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. Общие сведения о фотонных кристаллах.
10. Классификация фотонных кристаллов.
11. Теория фотонных запрещенных зон.
12. Образование запрещенной зоны в электромагнитном спектре.
13. Дефекты в фотонных кристаллах.
14. Изготовление фотонных кристаллов.
15. Применение фотонных кристаллов.

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

ОПТИКА КОНДЕНСИРОВАННЫХ СРЕД

**Методические указания для обучающихся по организации и проведению
самостоятельной работы**

Направление подготовки 03.03.02 Физика
Направленность (профиль)
«Фундаментальная и прикладная физика»

**Ставрополь
2026**

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	28
ПЛАН-ГРАФИК ВЫПОЛНЕНИЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ	31
МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИЗУЧЕНИЮ ТЕОРЕТИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛА, ПОДГОТОВКЕ К ЛАБОРАТОРНЫМ РАБОТАМ	33
ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА ЗАДАНИЙ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО КОНСПЕКТИРОВАНИЯ.....	36
ВОПРОСЫ ДЛЯ СОБЕСЕДОВАНИЯ	37

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 лабораторному занятию;
- самостоятельное изучение литературы;

Лабораторная работа – 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):

способен оценить актуальность решаемой задачи на основе анализа научной литературы и информационных материалов по тематике исследования.

ИД-2_{ПК-1}

использует знания в области фундаментальной и прикладной физики для разработки методов нахождения решения поставленных профессиональных задач.

ИД-3_{ПК-1} способен адекватно применить математический инструментарий при формулировке моделирующих физический процесс уравнений.

ИД-4_{ПК-1} владеет методологией теоретического, математического и численного моделирования физических процессов, объектов и явлений с использованием как общепринятых методов теоретического и математического моделирования, стандартных пакетов автоматизированного проектирования, так и самостоятельно создаваемых оригинальных методов и программ.

ИД-1_{ПК-4}

умеет проводить анализ состояния научно-технической проблемы и формулировать техническое задание

ИД-2_{ПК-4}

умеет применять методологический аппарат для решения фундаментальных и прикладных задач физики, формулировать требования к физическим характеристикам разрабатываемых вопросов, а также провести отбор профессионального лабораторного оборудования, необходимого для осуществления проектной деятельности.

ИД-3_{ПК-4}

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

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 лабораторному занятию «Основные положения спектроскопии и ее разделы. Основные характеристики уровней энергии»	Отчет	Собеседование	Лабораторная работа № 1
Подготовка к лабораторному занятию «Симметрия атомных систем и их уровней энергии. Вероятности переходов и правила отбора.»	Отчет	Собеседование	Лабораторная работа № 2
Подготовка к лабораторному занятию «Уровни энергии и спектры атома водорода и водородоподобных систем. Электронные оболочки атомов и периодическая система элементов»	Отчет	Собеседование	Лабораторная работа № 3
Подготовка к лабораторному занятию «Основы общей систематики сложных спектров. Явление Зеемана и магнитный резонанс»	Отчет	Собеседование	Лабораторная работа № 4
Подготовка к лабораторному занятию «Методы электронной спектроскопии»	Отчет	Собеседование	Лабораторная работа № 5
Подготовка к лабораторному занятию «Виды движения в молекуле и типы молекулярных спектров. Вращение молекул и вращательные спектры. Колебания молекул и колебательные спектры»	Отчет	Собеседование	Лабораторная работа № 6
Подготовка к лабораторному занятию «Электронные состояния и электронные спектры молекул. Электронные состояния и химическая связь в двухатомных молекулах.»	Отчет	Собеседование	Лабораторная работа № 7
Подготовка к лабораторному занятию «Молекулярный спектральный анализ по	Отчет	Собеседование	Лабораторная работа № 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 лабораторному занятию «Лазеры и лазерная спектроскопия. Оптика фотонных кристаллов»	Отчет	Собеседование	Лабораторная работа № 9
Самостоятельное изучение литературы	Конспект	Собеседование	8 неделя

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИЗУЧЕНИЮ ТЕОРЕТИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛА, ПОДГОТОВКЕ К ЛАБОРАТОРНЫМ РАБОТАМ

При подготовке к лабораторным занятиям необходимо:

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

Все лабораторные работы 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 лабораторных занятий.

Лабораторная работа №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.

Лабораторная работа №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.

Лабораторная работа №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.

Лабораторная работа №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.

Лабораторная работа №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.

Лабораторная работа №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.

Лабораторная работа №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.

Лабораторная работа №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.

Лабораторная работа №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. Анггармоничность колебаний двухатомных молекул. Схождение колебательных уровней к границе диссоциации.
9. Правила отбора для анггармонического осциллятора. Спектр поглощения анггармонического 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 анггармонизма и энергии диссоциации из ИК-спектра поглощения двухатомной молекулы.
13. Определение собственной частоты колебаний, постоянной анггармонизма 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 анггармонизма 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 дейтероводорода (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.

ВОПРОСЫ ДЛЯ КОЛЛОКВИУМОВ

Коллоквиум №1

1. Основные квантовые законы.
2. Уровни энергии и переходы между ними.
3. Спектры поглощения испускания и рассеяния.
4. Невырожденные и вырожденные уровни энергии.
5. Значение физических величин в стационарных состояниях.
6. Общая характеристика симметрии атомных систем.
7. Вероятность спонтанных переходов.
8. Вероятность вынужденных переходов.
9. Время жизни возбужденных состояний.
10. Квантовые числа одноэлектронного атома.
11. Степени вырождения уровней
12. Квантовые числа электронов в сложном атоме.
13. Принцип Паули.
14. Сложение орбитальных и спиновых моментов.
15. Типы связей.
16. Общая характеристика нормальной связи.
17. Расщепление уровней энергии в магнитном поле.
18. Общая картина расщепления спектральных линий в слабом поле.
19. Методы рентгеновской спектроскопии.
20. Деление спектроскопии по свойствам излучения, по свойствам атомных спектров.
21. Квантование моментов количества движения и их проекций.
22. Сложение моментов количества движения.
23. Основные понятия теории групп. Важнейшие группы.
24. Естественная ширина уровней энергии и спектральных линий.
25. Правила отбора для простейших видов симметрии.
26. Стационарные состояния одноэлектронного атома.
27. Правила отбора и вероятности переходов.
28. Электронные слои и оболочки. Их заполнение.
29. Термы конфигураций, состоящих из эквивалентных электронов.
30. Термы смешанных конфигураций, содержащих эквивалентные электроны.
31. Явление Зеемана в сильных и промежуточных полях.
32. Общая характеристика магнитного резонанса.

33. Общие представления о методах электронной спектроскопии.

Коллоквиум №2

1. Разделение энергии молекулы на части и основные типы спектров.
2. Порядок величин электронной, колебательной и вращательной энергий.
3. Зависимость электронной энергии молекулы от расстояний между ядрами.
4. Общая характеристика вращения молекул.
5. Вращательные уровни молекул типа сферического волчка.
6. Моменты инерции и вращательные постоянные молекул типа симметричных и асимметричных волчков.
7. Вращательные уровни и вращательные переходы в случае молекул типа симметричного волчка.
8. Вращательные уровни и вращательные переходы в случае молекул типа асимметричного волчка.
9. Колебания двухатомных молекул как частный случай колебаний любых молекул.
10. Гармонические колебания двухатомных молекул.
11. Ангармоничность колебаний и схождение колебательных уровней к границе диссоциации.
12. Классификация электронных состояний двухатомной молекулы как целого.
13. Принцип Франка-Кондона.
14. Общая характеристика вращательной структуры электронно-колебательных полос.
15. Свойства электронных состояний молекул и химическая связь.
16. Классификация электронных состояний двухатомных молекул как целого.
17. Соответствие между электронными состояниями молекулы как целого и образующих ее атомов.
18. Характеристики отдельных электронов в молекуле и молекулярные электронные оболочки.
19. Возможные состояния молекулы с заданной электронной конфигурацией.
20. Основы абсорбционной спектрофотометрии.
21. Техника инфракрасной спектроскопии.
22. Качественный анализ по ИК-спектрам поглощения.
23. Физические основы люминесцентного анализа.
24. Качественный люминесцентный анализ.
25. Количественный люминесцентный анализ.
26. Типы лазеров.
27. Газовые лазеры. Устройство и принцип действия.
28. Лазеры на красителях. Устройство и принцип действия.
29. Твердотельные лазеры. Устройство и принцип действия.
30. Полупроводниковые лазеры. Устройство и принцип действия.
31. Фотонные кристаллы в оптике.
32. Классификация фотонных кристаллов.
33. Применение фотонных кристаллов.
34. Колебательные и вращательные степени свободы и отделение колебаний от вращения.
35. Характеристики переходов и интенсивности в случае спектров поглощения и испускания.
36. Вращательные спектры и структура молекул.
37. Вращательные уровни и вращательные переходы в случае линейных молекул.
38. Колебательно-вращательные спектры двухатомных молекул.
39. Вращательная структура колебательно-вращательных полос.
40. Энергия диссоциации двухатомных молекул.
41. Электронные оболочки и химическая связь в молекуле водорода.

42. Электронные оболочки и химическая связь в молекулах, состоящих из двух одинаковых атомов.
43. Количественный анализ по ИК-спектрам поглощения.
44. Аппаратура для люминесцентного анализа.
45. Применение лазеров в спектроскопии.
46. Методы получения фотонных кристаллов.