

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Новосибирский национальный исследовательский государственный университет»
(Новосибирский государственный университет, НГУ)

**Физический факультет
Кафедра квантовой оптики**



Рабочая программа дисциплины

СПЕКТРОСКОПИЯ 2

направление подготовки: **03.03.02 Физика**
направленность (профиль): **Общая и фундаментальная физика**

Форма обучения
Очная

Семестр	Общий объем	Виды учебных занятий (в часах)				Промежуточная аттестация (в часах)				
		Контактная работа обучающихся с преподавателем			Самостоятельная работа, не включая период сессии	Самостоятельная подготовка к итоговой аттестации	Контактная работа обучающихся с преподавателем			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия			Консультации	Зачет	Дифференцированный зачет	Экзамен
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
8	108	32			54	18	2			2
Всего 108 часов /3 зачетные единицы из них: - контактная работа 36 часов										
Компетенции ПК-1										

Ответственный за образовательную программу,
д.ф.-м.н., проф.

С.В. Цыбуля

Новосибирск, 2022

Содержание

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесённых с планируемыми результатами освоения образовательной программы.	3
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы.	3
3. Трудоёмкость дисциплины в зачётных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающегося с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу.	4
4. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведённого на них количества академических часов и видов учебных занятий.	4
5. Перечень учебной литературы.	6
6. Перечень учебно-методических материалов по самостоятельной работе обучающихся.	6
7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.	6
8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.	7
9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине.	7
10. Оценочные средства для проведения текущего контроля и итоговой аттестации по дисциплине.	7

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесённых с планируемыми результатами освоения образовательной программы.

Дисциплина «Спектроскопия 2» представляет собой начальный курс атомной и молекулярной спектроскопии, предназначенный для обучения студентов-физиков, специализирующихся в области нелинейной и квантовой оптики. Целью курса является получение студентами базовых знаний по основам теории атомных и молекулярных спектров.

Дисциплина нацелена на формирование у выпускника следующей профессиональной компетенции:

Результаты освоения образовательной программы (компетенции)	Индикаторы	Результаты обучения по дисциплине
ПК-1 Способность использовать специализированные знания в области физики при построении теоретических моделей физических явлений и процессов в соответствии с профилем подготовки в зависимости от специфики объекта исследования	ПК 1.1 Применяет специализированные знания в области физики при воспроизведении учебного материала с требуемой степенью научной точности и полноты. ПК 1.2 Использует специализированные знания при проведении научных изысканий в избранной области. ПК 1.3 Выбирает наиболее эффективные методы построения теоретических моделей физических явлений и процессов в соответствии с профилем подготовки в зависимости от специфики объекта исследования	Знать основы теории колебательных и вращательных спектров молекул, принципы систематики электронных спектров двухатомных молекул. Уметь классифицировать типы нормальных колебаний молекул по её группе симметрий. Владеть понятиями молекулярных орбиталей, молекулярных термов, различных типов молекулярных связей.

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы.

Дисциплина (курс) «Спектроскопия 2» представляет собой полугодовой курс, читаемый в 8-м семестре ФФ НГУ и является базовой дисциплиной в образовательной бакалаврской программе со специализацией в области оптики; изложение материала опирается на знание студентами основ электромагнитной теории света и квантовой механики, а также необходимых математических дисциплин (теории групп и линейной алгебры); обеспечена логическая связь «Спектроскопии 2» с курсами «Физика лазеров» и «Нелинейная спектроскопия».

Курс предназначен для бакалавров, область будущей профессиональной деятельности которых включает:

- исследования процессов взаимодействия оптического излучения с веществом;
- научные исследования и метрология с использованием лазерного излучения и спектроскопических методов;
- разработку, исследование, модификацию и применение лазерных систем, а также устройств для управления лазерным излучением;
- научная, техническая, технологическая и инженерная деятельность в области квантовой и нелинейной оптики, а также оптоэлектроники.

3. Трудоемкость дисциплины в зачётных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающегося с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу.

Семестр	Общий объем	Виды учебных занятий (в часах)				Промежуточная аттестация (в часах)				
		Контактная работа обучающихся с преподавателем			Самостоятельная работа, не включая период сессии	Самостоятельная подготовка к итоговой аттестации	Контактная работа обучающихся с преподавателем			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия			Консультации	Зачет	Дифференцированный зачет	Экзамен
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
8	108	32			54	18	2			2
Всего 108 часов /3 зачетные единицы, из них: - контактная работа 36 часов										
Компетенции ПК-1										

Реализация дисциплины предусматривает практическую подготовку при проведении следующих видов занятий, предусматривающих участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью: лекции, консультации, самостоятельная работа студента, экзамен.

Программой дисциплины предусмотрены следующие виды контроля:

Текущий контроль успеваемости: выборочный опрос.

Итоговая аттестация: экзамен.

Общая трудоемкость программы составляет 3 зачетные единицы/108 академических часов:

- занятия лекционного типа – 32 часа;
- самостоятельная работа обучающегося в течение семестра, не включая период сессии – 54 часа;
- итоговая аттестация (групповые консультации, подготовка, сдача экзамена) – 22 часа.

Объем контактной работы обучающегося с преподавателем (занятия лекционного типа, групповые консультации, экзамен) составляет 36 часов.

4. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведённого на них количества академических часов и видов учебных занятий.

Дисциплина (курс) «Спектроскопия 2» представляет собой полугодовой курс, читаемый в 8-м семестре ФФ НГУ Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачётные единицы, 108 академических часов.

№ п/п	Раздел дисциплины	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)				Промежуточная аттестация (в часах)
			Всего	Аудиторные часы		Сам. работа во время занятий (не включая период сессии)	
				Лекции	Практические занятия		
1	2	3	4	5	6	7	8
1.	Общие свойства и систематика спектров двухатомных молекул. <i>Форма контроля: выборочный опрос.</i>	1-2	12	4		7	
2.	Электронные состояния двухатомных молекул. <i>Форма контроля: выборочный опрос.</i>	3-5	16	6		10	
3.	Типы связи по Гунду. <i>Форма контроля: выборочный опрос.</i>	6-7	13	4		7	
4.	Колебания и вращение двухатомных молекул. <i>Форма контроля: выборочный опрос</i>	8-9	14	4		8	
5.	Колебания многоатомных молекул. <i>Форма контроля: выборочный опрос.</i>	10-12	14	6		8	
6.	Возмущения в колебательных спектрах многоатомных молекул. <i>Форма контроля: выборочный опрос.</i>	13-14	12	4		8	
7.	Вращение многоатомных молекул.	15-16	10	4		6	
8	Самостоятельная работа во время аттестации		18				18
8.	Консультации		2				2
9.	Экзамен		2				2
Всего			108	32	0	54	2

Программа и основное содержание лекций (32 часа)

Раздел 1. Общие свойства и систематика спектров двухатомных молекул. (4 часа)

Точечные группы. Колебательное представление. Теория характеров, кратность вырождения.

Раздел 2. Электронные состояния двухатомных молекул. (6 часов)

Классификация уровней энергии. Задача Гайтлера-Лондона. Физическое истолкование валентности. Симметрия волновой функции.

Раздел 3. Типы связи по Гунду. (4 часа)

Гибридизация атомных орбиталей. Водородная связь. Метод молекулярных орбиталей.

Раздел 4. Колебания и вращение двухатомных молекул. (4 часа)

Эффективная потенциальная энергия ядер. Колебания двухатомных молекул. Ангармонизм. Структура вращательных спектров. Правила отбора. Колебательно-вращательная структура электронных полос. Принцип Франка-Кондона. Спектр комбинационного рассеяния. Взаимодействие колебания и вращения. Λ -удвоение. Взаимодействие атомов на далёких расстояниях. Предиссоциация. Спектры многоатомных молекул. Свойства симметрии. Понятие группы симметрии.

Раздел 5. Колебания многоатомных молекул. (6 часов)

Нормальные координаты. Симметрия колебательных функций.

Раздел 6. Возмущения в колебательных спектрах многоатомных молекул. (4 часа)

Электрическая и механическая ангармоничности. Комбинационные частоты. Резонанс Ферми. Инверсионное удвоение.

Раздел 7. Вращение многоатомных молекул. (4 часа)

Линейные молекулы. Вращательная энергия и правила отбора. Структура вращательных и колебательно-вращательных спектров. Взаимодействие колебаний и вращения. Колебательный момент количества движения.

5. Перечень учебной литературы.

5.1. Основная литература

1. Волькенштейн М.В., Грибов Л.А., Ельяшевич М.А., Степанов Б.И. Колебания молекул. М.: Наука, 1972
2. М.И. Петрашень, Е.А. Трифонов «Применения теории групп в квантовой механике». М.: Эдиториал УРСС, 2000.

5.2. Дополнительная литература

1. Е.Вигнер «Теория групп и ее приложения в квантовомеханической теории атомных спектров». М.: ИЛ, 1961.
2. Д.А. Варшалович, А.Н. Москалёв, В.К. Херсонский «Квантовая теория углового момента». Л.: Наука, 1975.

6. Перечень учебно-методических материалов по самостоятельной работе обучающихся.

Не используется.

7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.

Для освоения дисциплины используются следующие ресурсы:

- электронная информационно-образовательная среда НГУ (ЭИОС);
- образовательные интернет-порталы;
- информационно-телекоммуникационная сеть Интернет.

7.1 Современные профессиональные базы данных

Не используются.

7.2. Информационные справочные системы

Не используются.

8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Для обеспечения реализации дисциплины используется стандартный комплект программного обеспечения (ПО), включающий регулярно обновляемое лицензионное ПО Windows и MS Office.

Использование специализированного программного обеспечения для изучения дисциплины не требуется.

9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

Для реализации дисциплины «Спектроскопия 1» используются специальные помещения:

1. Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, практических занятий, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля, итоговой аттестации.

Учебные аудитории укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду НГУ.

Реализация дисциплины может осуществляться с применением электронного обучения на платформе Zoom с использованием презентаций.

Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине для обучающихся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется согласно «Порядку организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в Новосибирском государственном университете».

10. Оценочные средства для проведения текущего контроля и итоговой аттестации по дисциплине.

10.1 Порядок проведения текущего контроля и итоговой аттестации по дисциплине

Текущий контроль

Текущий контроль успеваемости студента проводится следующими видами контроля: контрольные вопросы по пройденному на лекциях материалу, задания для самостоятельного решения с последующим разбором на практических занятиях.

Итоговая аттестация

Освоение компетенций оценивается согласно шкале оценки уровня сформированности компетенции. Положительная оценка по дисциплине выставляется в том случае, если заявленная компетенция ПК-1 сформирована не ниже порогового уровня в части, относящейся к формированию способности использовать специализированные знания в области структуры атомных и молекулярных спектров в профессиональной деятельности.

Окончательная оценка работы студента в течение семестра происходит на экзамене. Экзамен проводится в конце семестра в зачётную сессию по билетам в устной форме. Вопросы билета подбираются таким образом, чтобы проверить уровень сформированности компетенции ПК-1.

Вывод об уровне сформированности компетенций принимается преподавателем. Каждый вопрос билета оценивается от 0 до 5 баллов. Положительная оценка ставится, когда все компетенции освоены не ниже порогового уровня. Оценки «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» означают успешное прохождение итоговой аттестации.

Соответствие индикаторов и результатов освоения дисциплины

Таблица 10.1

Индикатор	Результат обучения по дисциплине	Оценочные средства
ПК 1.1 Применяет специализированные знания в области физики при воспроизведении учебного материала с требуемой степенью научной точности и полноты.	Знать основы теории колебательных и вращательных спектров молекул, принципы систематики электронных спектров двухатомных молекул.	Проведение контрольных работ, экзамен.
ПК 1.2 Использует специализированные знания при проведении научных изысканий в избранной области	Уметь классифицировать типы нормальных колебаний молекул по её группе симметрий.	Проведение контрольных работ, экзамен.
ПК 1.3 Выбирает наиболее эффективные методы построения теоретических моделей физических явлений и процессов в соответствии с профилем подготовки в зависимости от специфики объекта исследования	Владеть понятиями молекулярных орбиталей, молекулярных термов, различных типов молекулярных связей.	Проведение контрольных работ, экзамен.

10.2 Описание критериев и шкал оценивания индикаторов достижения результатов обучения по дисциплине «Спектроскопия 2».

Таблица 10.2

Критери и оценива ния результата тов обучени я	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Уровень освоения компетенции			
		Не сформирован (0 баллов)	Пороговый уровень (3 балла)	Базовый уровень (4 балла)	Продвинутый уровень (5 баллов)
1	2	3	4	5	6
Полнота знаний	ПК 1.1	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имеют место грубые ошибки.	Демонстриру ет общие знания базовых понятий по темам/раздел ам дисциплины. Допускается	Уровень знаний соответствует программе подготовки по темам/разделам дисциплины. Допускается несколько негрубых/	Уровень знаний соответствует программе подготовки по темам/разделам дисциплины. Свободно и аргументированн о отвечает на

			значительное количество негрубых ошибок	несущественных ошибок. Не отвечает на дополнительные вопросы.	дополнительные вопросы.
Наличие умений	ПК 1.2	Отсутствие минимальных умений. Не умеет решать стандартные задачи. Имеют место грубые ошибки.	Продемонстрированы частично основные умения. Решены типовые задачи. Допущены негрубые ошибки.	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задания с негрубыми ошибками или с недочетами.	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задания в полном объеме без недочетов и ошибок.
Наличие навыков (владение опытом)	ПК 1.3	Отсутствие владения материалом по темам/разделам дисциплины. Нет навыков в решении стандартных задач. Наличие грубых ошибок.	Имеется минимальный набор навыков при решении стандартных задач с некоторыми недочетами.	Имеется базовый набор навыков при решении стандартных задач с некоторыми недочетами.	Имеется базовый набор навыков при решении стандартных задач без ошибок и недочетов. Продемонстрированы знания по решению нестандартных задач.

10.3 Типовые контрольные задания и материалы, необходимые для оценки результатов обучения

Пример задания для самостоятельного решения

Определить туннельное расщепление колебательных термов молекул C_2H_4 и C_2H_6 (крутильные колебания).

Вопросы, выносимые на экзамен

- №1. Тонкая структура водорода. Водородный спектр.
Колебательный момент количества движения в многоатомных молекулах.
- №2. Систематика состояний в центрально-симметричном поле многоэлектронного атома.
Вращательные и колебательно-вращательные спектры многоатомных молекул.
- №3. Электростатическое и спин-орбитальное взаимодействие (физическая природа, оценки величин).
Типы волчков. Вращательные термы и спектр.
- №4. Модель Томаса- Ферми.
Взаимодействие колебания и вращения в многоатомных молекулах.
- №5. j-j связь, область применимости, примеры.
Ферми-резонанс.
- №6. Спектры щелочных металлов. Поправка Ридберга.
Два вида ангармоничности. Комбинационные частоты.
- №7. Термы He и гелий-подобных ионов. Кулоновская и обменная энергии.
Нормальные колебания молекул и их свойства симметрии.
- №8. Спектр He, интеркомбинации.
Альтернативный запрет.
- №9. Спектры инертных газов. Тип связи.

Предиссоциация.

№10. Рентгеновские термы и спектры.

Взаимодействие атомов на далеких расстояниях.

№11. L-S связь. Нахождение термов конфигураций.

Лямбда-удвоение (синглетные термы).

№12 . Штарк-эффект (не атом водорода)

Колебательно-вращательная структура электронных полос двухатомных молекул;
принцип Франка-Кондона.

№13. Штарк-эффект в атоме водорода.

ИК и КР спектры, связанные с колебаниями и вращением двухатомных молекул.

№14. Эффект Штарка в переменном поле; предельные случаи.

Колебательная и вращательная структура синглетных термов двухатомных молекул.

№15. Эффект Зеемана в слабых полях.

Двухатомные молекулы, случай, а) по Гунду.

№16. Эффект Зеемана в сильных полях.

Случай б) по Гунду.

№17. Влияние ядра на атомный спектр (три эффекта)

Случай с) и d) по Гунду.

Пример билета на экзамен.

1. Штарк-эффект в атоме водорода.
2. ИК и КР спектры, связанные с колебаниями и вращением двухатомных молекул.
3. Рассчитать колебательный момент количества движения в молекуле углекислого газа.

Форма экзаменационного билета представлена на рисунке

МИНОБРНАУКИ РОССИИ	
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Новосибирский национальный исследовательский государственный университет» (Новосибирский государственный университет, НГУ)	
Физический факультет	
ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № _____	
1.	
2.	
3.	
Составитель _____ /Ф.И.О. преподавателя/ (подпись)	
« ____ » _____ 20 ____ г.	

Оценочные материалы по итоговой аттестации, предназначенные для проверки соответствия уровня подготовки по дисциплине требованиям СУОС, хранятся на кафедре-разработчике РПД в печатном и электронном виде.

**Лист актуализации рабочей программы
по дисциплине «Спектроскопия 2»
по направлению подготовки 03.03.02 Физика
Профиль «Общая и фундаментальная физика»**

№	Характеристика внесенных изменений (с указанием пунктов документа)	Дата и № протокола Учёного совета ФФ НГУ	Подпись ответственного