

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ» (ФГБОУ ВО «ВГУ»)



УТВЕРЖДАЮ  
Заведующий кафедрой  
оптики и  
спектроскопии  
(Овчинников О.В.)  
подпись, расшифровка подписи

24 .06 .2022 г

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

Б1.В.07 Практическая молекулярная спектроскопия  
Код и наименование дисциплины в соответствии с Учебным планом

1. Код и наименование направления подготовки:

03.03.02 Физика

2. Профиль подготовки: «Физика лазерных и спектральных технологий»

3. Квалификация выпускника: Высшее образование (бакалавр)

4. Форма обучения: очная

5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины:

Оптики и спектроскопии

6. Составители программы:

Овчинников Олег Владимирович, д.ф.-м.н.,  
профессор, Клюев Виктор Григорьевич, д.ф.-м.н., профессор, Леонова Лиана  
Юрьевна к.ф.-м.н., доцент

7. Рекомендована: НМС физического факультета от 23.06.22 г. протокол № 6  
(наименование рекомендующей структуры, дата, номер протокола)

8. Учебный год: 2025/2026

Семестр(-ы): 7

## 9. Цели и задачи учебной дисциплины:

*Целями освоения учебной дисциплины являются:* ознакомить студентов, обучающихся по направлению "Физика", с процессами взаимодействия электромагнитного излучения с конденсированными средами, которое вызывает возбуждение этих сред, углубить профессиональные компетенции в области спектроскопических исследований.

### *Задачи учебной дисциплины:*

- обеспечить умение применять, знания, полученные при изучении базовых физических дисциплин - "Электродинамика", "Атомная физика", "Физика конденсированных состояний" при рассмотрении взаимодействия актиничного излучения с твердыми телами.

- обобщить знания, полученные в ходе изучения специальных дисциплин по профилю "Физика лазерных и спектральных технологий".

- сформировать знания о систематике и интерпретации электронных спектров многоатомных молекул в приложении к конкретным явлениям взаимодействия электромагнитного излучения с веществом.

- освоить принципы и подходы к интерпретации ИК молекулярных спектров.

**10. Место учебной дисциплины в структуре ООП:** часть, формируемая участниками образовательных отношений, блок Б1.

## 11. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины:

Код	Название компетенции	Код(ы)	Индикатор(ы)	Планируемые результаты обучения
ПК-5	Способен проводить экспериментальную проверку выбранных технологических решений производства приборов и исследование параметров наноструктурных материалов спектральными методами	ПК-5.1	Организует и контролирует экспериментальные проверки разработанных технологических процессов	<b>Знать:</b> теорию взаимодействия электромагнитного излучения с двухатомными молекулами, используя квантово-механические подходы. <b>Уметь:</b> использовать полученные знания для интерпретации спектров поглощения двухатомных молекул
		ПК-5.2	Разрабатывает программы проведения экспериментов в соответствии с утвержденной методикой проверки технологических процессов	<b>Владеть:</b> знаниями о технике молекулярной спектроскопии, о физических процессах, происходящих при взаимодействии оптического излучения с двухатомными молекулами
		ПК-5.3	Составляет перечень параметров, подлежащих	

			контролю и измерению при проведении технологических процессов и анализе используемых материалов	
--	--	--	---	--

**12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час.** (в соответствии с учебным планом)  
— 5 / 180.

**Форма промежуточной аттестации:** экзамен

**13. Виды учебной работы:**

Вид учебной работы		Трудоемкость	
		Всего	По семестрам
			№ 7
Аудиторные занятия		90	90
в том числе:	лекции	54	54
	практические	18	18
	лабораторные	18	18
Групповые консультации		18	18
Самостоятельная работа		36	36
Групповые консультации		18	18
в том числе: курсовая работа (проект)			
Форма промежуточной аттестации <i>экзамен</i>		36	36
Итого:		180	180

**13.1 Содержание разделов дисциплины:**

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины
1	Введение. Виды движения в молекуле.	Разделение энергии молекулы на части. Порядок величин электронной, колебательной и вращательной энергий. Зависимость электронной энергии молекул от расстояния между ядрами.

2	Колебания двухатомных молекул.	Колебания двухатомной молекулы. Гармоничность и ангармоничность колебаний.
3	Электронные состояния двухатомных молекул. Классификация электронных состояний двухатомных молекул.	Электронные состояния в двухатомных молекулах. Классификация электронных состояний двухатомных молекул.
4	Характеристики отдельных электронов и молекулярные оболочки. Колебания и вращения в молекулах	Электронные оболочки и химическая связь в молекулах, состоящих из двух одинаковых молекул. Колебательно-вращательное движение в двухатомной молекуле. Вращательная структура электронно-колебательных полос.
5	Происхождение и интерпретация электронных переходов в молекулах. Классификация электронных спектров поглощения многоатомных молекул.	Принцип Франка-Кондона. Природа молекулярных спектров различных веществ. Подходы и особенности в интерпретации спектров многоатомных молекул. Классификация по энергетическому принципу. Классификация по симметрии вибронных состояний. Классификация по характеру изменения электронного строения многоатомной молекулы при поглощении (или излучении) ею кванта света. Классификация, основанная на мультиплетности электронных состояний.
6	Эффекты внутри- и межмолекулярного переноса заряда в электронных спектрах многоатомных молекул	Внутри- и межмолекулярные взаимодействия многоатомных молекул. Проявление эффектов внутри- и межмолекулярного переноса заряда в электронных спектрах многоатомных молекул
7	Подход к интерпретации колебательных спектров двух- и многоатомных молекул. Колебательная структура электронных полос в спектрах многоатомных молекул	Интерпретация колебательных спектров двухатомных молекул с помощью квантово-механических моделей. Модели гармонического и ангармонического осцилляторов. Потенциал Морзе. Методы изучения электронно-колебательных (вибронных) состояний.
8	Колебательные спектры многоатомных молекул. Принцип Франка-Кондона для многоатомных молекул.	Физическая основа интерпретации ИК колебательных спектров многоатомных молекул. Классические представления в теории колебательных спектров поглощения многоатомных молекул. Применимость принципа Франка-Кондона к многоатомным молекулам. Описание вибронных состояний в адиабатическом приближении.
9	Происхождение и интерпретация электронных полос поглощения и испускания. Схема Теренина-Льюиса.	Описание схемы Теренина-Льюиса, объясняющей образование электронных полос. Вероятности электронных переходов. Основные подходы в интерпретации электронных полос поглощения и испускания многоатомных молекул.
10	Водородная связь в электронных спектрах многоатомных молекул.	Определение внутри- и межмолекулярной и водородной связи. Примеры водородной связи. Проявление водородной связи в электронных спектрах многоатомных молекул.
11	Запрещенные электронные переходы в многоатомных молекулах.	Интенсивности электронных переходов. Основные подходы в описании и экспериментальном наблюдении запрещенных электронных переходов в многоатомных молекулах. Теория Герцберга-Теллера.
12	Качественный анализ по ИК спектрам многоатомных молекул	Определение структуры многоатомной молекулы по ИК спектру.

13	Расчет сил осцилляторов электронных полос поглощения.	Освоение техники и методики получения спектра поглощения раствора. Определение основных характеристик электронных полос поглощения сложных молекул. Расчет по средним значениям оптической плотности молекулярного коэффициента поглощения. Построение спектральной кривой поглощения исследуемого вещества как зависимости $\epsilon$ от $\lambda$ (или $\nu$ ). Определение основных характеристик электронной полосы поглощения: $\lambda_{\max}$ , $\epsilon_{\max}$ , $\lambda_{1/2}$ , области расположения, наличия колебательной структуры. Расчет абсолютной и относительной ошибок измерения.
----	---	---

### 13.2 Разделы дисциплины и виды занятий:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Виды занятий (часов)						
		Лекции	Практические	Лабораторные	Групповые консультации	Самостоятельная работа	Контроль	Всего
1	Введение. Виды движения в молекуле.	2			2	2	2	8
2	Колебания двухатомных молекул.	4	2		2	2	2	12
3	Электронные состояния двухатомных молекул. Классификация электронных состояний двухатомных молекул.	4	2		2	2	2	12
4	Характеристики отдельных электронов и молекулярные оболочки. Колебания и вращения в молекулах	4	2		2	2	2	12
5	Происхождение и интерпретация электронных переходов в молекулах. Классификации электронных спектров поглощения многоатомных молекул.	6	2		2	2	2	14
6	Эффекты внутри- и межмолекулярного переноса заряда в электронных спектрах многоатомных молекул	4	2		2	2	2	12
7	Подход к интерпретации колебательных спектров двух- и многоатомных молекул. Колебательная структура электронных полос в спектрах многоатомных молекул	6	2		2	2	2	14

8	Колебательные спектры многоатомных молекул. Принцип Франка-Кондона для многоатомных молекул.	8	2		2	2	2	16
9	Происхождение и интерпретация электронных полос поглощения и испускания. Схема Теренина-Льюиса.	8	2		2	2	2	16
10	Водородная связь в электронных спектрах многоатомных молекул.	8	2		2	2	2	16
11	Запрещенные электронные переходы в многоатомных молекулах.			6	2	2	2	12
12	Качественный анализ по ИК спектрам многоатомных молекул			6	2	2	2	12
13	Расчет сил осцилляторов электронных полос поглощения.			6	2	2	2	12
	Итого	54	18	18	18	36	36	180

#### 14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

*(рекомендации обучающимся по освоению дисциплины: работа с конспектами лекций, презентационным материалом, выполнение практических заданий, тестов, заданий текущей аттестации и т.д.)*

*Основными этапами освоения дисциплины являются:*

- *Изучение учебной, научной и методической литературы, материалов периодических изданий с привлечением электронных средств научной информации.*
- *Подготовка к лекционным занятиям.*
- *Подготовка к практическим занятиям.*
- *Подготовка к лабораторным занятиям.*

*В ходе подготовки к текущим аттестациям и промежуточной аттестации студенту рекомендуется активно использовать электронный образовательный портал Moodle – электронная среда дисциплины, с предоставлением презентаций лекций, заданий для выполнения лабораторных работ, дополнительного теоретического материала и нормативно-правовых документов по темам и перечней вопросов для подготовки к текущим аттестациям и промежуточной аттестации. Также студенту рекомендуется использовать весь набор методов и средств современных информационных технологий для изучения отечественной и зарубежной литературы по дисциплине, оценки и анализа ее текущего состояния и перспектив развития. Ему предоставляется возможность работать в компьютерных классах факультета (313а аудитория), иметь доступ к Интернет-ресурсам и электронной почте, использовать имеющиеся на кафедре оптики и спектроскопии физического факультета информационные технологии, использовать*

ресурсы Зональной научной библиотеки ВГУ, в том числе электронно-библиотечные системы.

### 15. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины:

(список литературы оформляется в соответствии с требованиями ГОСТ и используется общая сквозная нумерация для всех видов литературы)

а) основная литература:

№ п/п	Источник
1.	Спектральные методы анализа : учебное пособие / Е.В. Пашкова, Е. Волосова, А.Н. Шипуля и др. – Ставрополь : Ставропольский государственный аграрный университет, 2017. – 56 с. : ил. – Режим доступа: по подписке. – URL: <a href="https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=485007">https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=485007</a> . – Библиогр.: с. 44-45. – Текст : электронный.
2.	Ельяшевич, М.А. Атомная и молекулярная спектроскопия. Молекулярная спектроскопия / М. А. Ельяшевич. – М. : URSS : Ленанд, 2015. — 528 с. ISBN 978-5-9710-1743-1
3	Физико-химические методы исследования материалов : учебно-методическое пособие : [16+] / В.В. Виноградов, А.В. Виноградов, М.И. Морозов и др. ; Университет ИТМО. – Санкт-Петербург : Университет ИТМО, 2019. – 74 с. : ил., схем. – Режим доступа: по подписке. – URL: <a href="https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=566779">https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=566779</a>
4	Слюсарева, Е. А. Оптическая спектроскопия: сложные молекулы : учебное пособие / Е. А. Слюсарева, М. А. Герасимова, Н. В. Слюсаренко. — Красноярск : СФУ, 2018. — 116 с. — ISBN 978-5-7638-3941-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/117772">https://e.lanbook.com/book/117772</a>
5	учебное пособие / О.В. Овчинников, Т.С. Кондратенко, М.С. Смирнов ; Воронеж. гос. ун-т. — Воронеж : Издательский дом ВГУ, 2015. — 173 с. : ил., табл. — Библиогр.: с. 162-167. — ISBN 978-5-9273-2263-3. <a href="https://lib.vsu.ru/cgi-bin/zgate?present+14187+default+15+1+F+1.2.840.10003.5.102+rus">https://lib.vsu.ru/cgi-bin/zgate?present+14187+default+15+1+F+1.2.840.10003.5.102+rus</a>

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
6.	Ельяшевич М.А. Атомная и молекулярная спектроскопия. Атомная спектроскопия. / М.А. Ельяшевич. - М. :Либроком, 2007. - 416с.
7.	Спектроскопия / Ю. Бёккер ; пер. с нем. Л.Н. Казанцевой под ред. А.А. Пупышева, М.В. Поляковой. — Москва : Техносфера, 2009. — 527 с.
8.	Давыдов А.С. Квантовая механика / А.С.Давыдов. – М.: Наука, 1973. – 704 с.
9.	Собельман И.И. Введение в теорию атомных спектров / И.И.Собельман. – Наука, 1977. – 319 с.
10.	Гайтлер В. Квантовая теория излучения / В.Гайтлер. – М.: Изд-во иностр. лит., 1956. – 445 с.
11.	Проблемы современной оптики и спектроскопии / под ред. Б.И. Степанова, А.А. Богуша. – Минск: Наука и техника, 1980. – 304 с.
12.	Веселов М.Г. Теория атома: строение электронных оболочек / М.Г.Веселов, Л.Н.Лабзовский. – М.: Наука, 1986. – 328 с.
13.	Плиев Т.Н. Молекулярная спектроскопия: В 5 т. / Т.Н. Плиев. — Владикавказ: Иростон, 2001. - Т. 1-5. – 2001-2002.
14.	Сайдов Г.В. Практическое руководство по молекулярной спектроскопии: Учеб. пособие / Отв. ред. Н. Г. Бахмишев; С.-Петерб. гос. ун-т. – 3-е изд., перераб. и доп. – СПб.: Изд-во С.-Петерб. ун-та, 1995. – 233 с.
15.	Грибов Л.А. Электронно-колебательные спектры многоатомных молекул: Теория и методы расчета / Л.А. Грибов, В.И. Баранов, Д.Ю. Зеленцов. М. : Наука, 1997 – 471 с.
16.	Герцберг Г. Электронные спектры и строение многоатомных молекул / Г. Герцберг. – М. : Мир, 1960. – 772 с.
17.	Александров А.Н. О выборе нормалей и методах градуировки призмных инфракрасных спектров / А.Н. Александров, В.А. Никитин // Успехи физ. наук. - 1955.- Т.LVI, № 1. – С. 214-240.
18.	Колебательная спектроскопия: Современные воззрения. Тенденции развития / Под ред. А. Барнса, У. Орвилл-Томаса; Пер. с англ. М.Р. Алиева, А.В. Боброва, Я.М. Кимельфельда; Под ред. В.Т. Александяна. — М. : Мир, 1981. — 480 с.
19.	Методические указания по технике получения спектров поглощения и люминесценции / сост. Р.П. Воробьева, Т.А. Олейникова. – Воронеж, 1987. – 32 с.
20.	Электронно-возбужденные состояния многоатомных молекул и процессы их дезактивации / Д.Н.Шигорин [и др.]. – М. : Наука, 1993. – 495 с.
21.	Герцберг Г. Колебательные и вращательные спектры многоатомных молекул / Г. Герцберг. – М. : Мир, 1949. – 647 с.

22.	Беллами Л. Инфракрасные спектры сложных молекул / Л. Беллами. - М. : Изд-во иностр. лит., 1963. – 344 с.
23.	Спектроскопия и люминесценция молекулярных систем / Белорус. гос. ун-т. Нац. акад. наук Беларуси; Под ред. Е.С Воропая, К.И. Соловьева, Д.С. Умрейко . – Минск: БГУ, 2002. – 399 с.
24.	Казицина Л.А. Применение УФ-, ИК- и ЯМР спектроскопии в органической химии / Л.А. Казицина, Н.Б. Куплетская. - М. : Наука, 1971. – 264 с.

**в) информационные электронно-образовательные ресурсы:**

№ п/п	Источник
25	Поисковая система <a href="http://e-library.ru">e-library.ru</a>
26	Поисковая система <a href="http://google.ru">google.ru</a>
27	Архив научных журналов <a href="http://arch.neicon.ru/">http://arch.neicon.ru/</a>
28	Единое окно доступа к образовательным ресурсам. Библиотека <a href="http://window.edu.ru/">http://window.edu.ru/</a>
29	Электронный каталог ЗНБ ВГУ <a href="https://www.lib.vsu.ru/">https://www.lib.vsu.ru/</a>
30	ЭБС "Издательства "Лань" <a href="https://e.lanbook.com">https://e.lanbook.com</a>
31	ЭБС "Университетская библиотека online" <a href="https://biblioclub.lib.vsu.ru">https://biblioclub.lib.vsu.ru</a>
32	Национальный цифровой ресурс "РУКОНТ" <a href="https://rucont.ru">https://rucont.ru</a>
33	Электронная библиотека Попечительского совета механико-математического факультета МГУ <a href="http://lib.mexmat.ru">lib.mexmat.ru</a>
34	Виртуальная обучающая среда Moodle < <a href="https://edu.vsu.ru/">https://edu.vsu.ru/</a> >

**16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы (учебно-методические рекомендации, пособия, задачки, методические указания по выполнению практических (контрольных) работ и др.)**

№ п/п	Источник
1.	Электронный курс для дистанционного обучения «Практическая молекулярная спектроскопия»:
2.	Методические рекомендации по выполнению самостоятельной работы обучающимися в бакалавриате по направлению "Физика" [Электронный ресурс] : учебно-методическое пособие : [для студ. 4-го курса направления 03.03.02 Физика] / Сост.: Л.Ю. Леонова, Л.В. Титова ; Воронеж. гос. ун-т. — Электрон. текстовые дан. — Воронеж : Издательский дом ВГУ, 2019.

**17. Информационные технологии, используемые для реализации учебной дисциплины, включая программное обеспечение и информационно-справочные системы (при необходимости)**

В учебном процессе используются следующие образовательные технологии. По образовательным формам: лекционные и практические занятия. Преобладающими методами и приемам обучения являются: объяснительно-иллюстративные (объяснение, показ – демонстрация учебного материала и др.); активные (анализ учебной и научной литературы, составление схем и др.) и интерактивные, в том числе и групповые (взаимное обучение в форме подготовки и обсуждения докладов); информационные; мультимедийные (работа с сайтами академических структур, научно-исследовательских организаций, электронных библиотек и и др., разработка презентаций, сообщений и докладов, работа с электронными обучающими программами и т.п.).

Организационная структура лекционного занятия: 1. Формулировка темы, целей занятия, постановка проблемного вопроса. 2. Разъяснение вопросов теоретического и практического плана для решения поставленной проблемы. 3. Рассмотрение путей решения проблемного вопроса на конкретных примерах. 4. Заключение, формулировка выводов. 5. Формулировка задания для самостоятельной домашней работы. Озвучивание темы следующего занятия.

Организационная структура практического занятия - решение задач или семинар: 1. Проверка готовности студентов к занятию - их теоретическая готовность к выполнению заданий. 2. Основная часть занятия, где студенты выполняют задания, а

контроль их исполнения (полнота и качество) и помощь осуществляет преподаватель. 3. Заключительная часть - подведение преподавателем итогов занятия, получение студентами заданий на самостоятельную работу.

Организационная структура лабораторного занятия: 1. Формулировка целей занятия и ответы на вопросы студентов. 2. Ознакомление с теоретической основой работы, основными приемами и техникой безопасности при работе с используемыми приборами и реактивами. 3. Выполнение экспериментальной части работы. 4. Обработка экспериментальных результатов и предоставление их для предварительной проверки преподавателю.

Защита лабораторной работы проводится с целью выявления уровня освоения материала по тематике работы, способности дать правильную трактовку результатам, полученным при выполнении работы. Защита работы заключается в оформлении работ, устной беседе преподавателя со студентом по полученным в работе результатам и основным теоретическим понятиям по теме работы.

Текущий контроль проводится путем проверки выполнения домашнего задания, входного контроля (в виде самостоятельных и контрольных работ, докладов и рефератов).

При реализации дисциплины с использованием дистанционных образовательных технологий используются инструменты электронной информационно-образовательной среды ВГУ «Электронный университет ВГУ» (<https://edu.vsu.ru>) и/или «МООК ВГУ» (<https://mooc.vsu.ru>), сервисы видеоконференций (BigBlueButton, Zoom, Discord и др.), электронная почта, мессенджеры и соцсети.

1.	Пакет офисных программ LibreOffice ( <a href="https://ru.libreoffice.org/">https://ru.libreoffice.org/</a> )
2.	Программное обеспечение ПЗС-линейки CCD Tool
3.	Программное обеспечение спектрометра USB-2000+ SpectraSuite
4.	система компьютерной алгебры Maxima ( <a href="http://maxima.sourceforge.net/ru/index.html">http://maxima.sourceforge.net/ru/index.html</a> )
5.	средство построения графиков Gnuplot ( <a href="http://www.gnuplot.info/">http://www.gnuplot.info/</a> ); система
6.	компьютерной верстки LaTeX ( <a href="https://www.latex-project.org/">https://www.latex-project.org/</a> )

#### **18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:**

Ноутбук Asus, с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду ВГУ, Проектор BenQ MS 612ST, Доска магнитно-маркерная 100\*200. Программное обеспечение: ОС Windows (WinPro 8 RUS Upgrd OLP NL Acdmc), Microsoft Office (OfficeSTD 2013 RUS OLP NL Acdmc). Программная система для обнаружения текстовых заимствований в учебных и научных работах «Антиплагиат.ВУЗ». Office Standard 2019 Single OLV NL Each AcademicEdition Additional Product. Программный комплекс для ЭВМ - MathWorks. Система инженерного моделирования ANSYS HF Academic Research.

Учебно-научная аудитория, оснащенная оборудованием для проведения лабораторных занятий: волоконно-оптический спектральный комплекс фирмы Ocean Optics базе спектрометра USB-2000+XR1 с источником излучения USB-DT, и набором зондов для измерения диффузного ISP-80-8-R и зеркального отражения RSS-VA и люминесценции R400-7-SR, пропускания и люминесценции жидких и твердых образцов CUV-VAR и CUV-ALL-UV.

Реализация дисциплины с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий осуществляется через образовательный портал "Электронный университет ВГУ" (<https://edu.vsu.ru>).

## 19. Фонд оценочных средств:

### 19.1. Перечень компетенций с указанием этапов формирования и планируемых результатов обучения

Код и содержание компетенции (или ее части)	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенции посредством формирования знаний, умений, навыков)	Этапы формирования компетенции (разделы (темы) дисциплины или модуля и их наименование)	ФОС (средства оценивания)
<p>ПК-5.1. Организует и контролирует экспериментальные проверки разработанных технологических процессов</p> <p>ПК-5.2. Разрабатывает программы проведения экспериментов в соответствии с утвержденной методикой проверки технологических процессов</p> <p>ПК5.3. Составляет перечень параметров, подлежащих контролю и измерению при проведении технологических процессов и анализе используемых материалов</p>	<p><b>Знать:</b> теорию взаимодействия электромагнитного излучения с двухатомными молекулами, используя квантово-механические подходы.</p> <p><b>Уметь:</b> использовать полученные знания для интерпретации спектров поглощения двухатомных молекул</p> <p><b>Владеть:</b> знаниями о технике молекулярной спектроскопии, о физических процессах, происходящих при взаимодействии оптического излучения с двухатомными молекулами</p>	<p><i>Все этапы</i></p>	<p>Устный опрос. Отчет по лабораторной работе. КИМ.</p>
<p><b>Промежуточная аттестация (экзамен)</b></p>			<p>КИМ</p>

### 19.2 Описание критериев и шкалы оценивания компетенций (результатов обучения) при промежуточной аттестации

Для оценивания результатов обучения на экзамене используются следующие показатели (ЗУНы из 19.1):

1) знание учебного материала, владение понятийным аппаратом и теоретическими основами дисциплины;

- 2) умение связывать теорию с практикой;
- 3) умение описывать основные характеристики спектральных приборов;
- 4) владение знаниями о теоретических основах и современных методах молекулярной спектроскопии.

**Соотношение показателей, критериев и шкалы оценивания результатов обучения.**

Критерии оценивания компетенций	Уровень сформированности компетенций	Шкала оценок
<i>Посещение всех практических занятий. Выполнение всех лабораторных работ. Полный ответ на КИМ. Правильные ответы на дополнительные вопросы. Выполнение всех рефератов и индивидуальных заданий.</i>	<i>повышенный уровень</i>	<i>отлично</i>
<i>Пропуски занятий. Выполнение всех лабораторных работ. Полный ответ на КИМ. Неполные, неправильные ответы на ряд дополнительных вопросов. Выполнение всех рефератов и индивидуальных заданий.</i>	<i>базовый уровень</i>	<i>хорошо</i>
<i>Пропуски занятий. Выполнение всех лабораторных работ. Неполный ответ на КИМ. Неполные, неправильные ответы на ряд дополнительных вопросов. Выполнение всех рефератов и индивидуальных заданий.</i>	<i>пороговый уровень</i>	<i>удовлетворительно</i>
<i>Пропуски большинства практических занятий. Неправильный ответ на КИМ. Отсутствие ответов на большинство дополнительных вопросов. Выполнение не всех рефератов и индивидуальных заданий</i>	<i>–</i>	<i>неудовлетворительно</i>

**19.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы**

**19.3.1 Перечень вопросов к экзамену:**

1. Виды движения в молекуле.
2. Колебания двухатомных молекул.
3. Классификация электронных состояний двухатомных молекул.
4. Электронные состояния двухатомных молекул.
5. Характеристики отдельных электронов и молекулярные оболочки.
6. Колебания и вращения в молекулах.
7. Химическая связь в молекулах.
8. Электронные переходы в молекулах.
9. Интенсивность переходов.
10. Техника абсорбционной спектроскопии в видимой и УФ областях.
11. Порядок измерения спектров поглощения на спектрофотометрах. Точность. Воспроизводимость.
12. Модели спектрофотометров, критерии их выбора для решения конкретных задач.
13. Спектральные параметры полос и их физический смысл.
14. Возможности ИК спектроскопии молекул. Краткое изложение общего подхода к интерпретации молекулярных спектров.
15. Проявление водородной связи и протонирования в колебательном спектре многоатомных молекул.
16. Формулировка квантово-механической задачи для молекулы. Выделение колебательной задачи.
17. Таблицы характеристических частот. Общая классификация межмолекулярных сил.
18. Интерпретация колебательных спектров двухатомных молекул с помощью квантово-механических моделей.

19. Две основных задачи, связанные с применением характеристичности частот колебательных ИК спектров.
20. Модели гармонического и ангармонического осцилляторов. Потенциал Морзе.
21. Понятие характеристичности в колебательном ИК спектре многоатомных молекул. Индивидуальность ИК спектров многоатомных молекул.
22. Физическая основа интерпретации ИК колебательных спектров многоатомных молекул.
23. Классификация нормальных колебаний по форме. Валентные и деформационные колебания.
24. Классические представления в теории колебательных спектров поглощения многоатомных молекул. Задача для колебаний системы связанных маятников.
25. Квантово-механическое рассмотрение вероятностей переходов и интенсивностей в колебательном ИК спектре поглощения.
26. Приближение нормальных колебаний. Кинетическая и потенциальная энергия в задаче о колебаниях молекул.
27. Правила отбора для колебательных спектров поглощения и комбинационного рассеяния многоатомных молекул.
28. Проявление водородной связи и протонирования в колебательном спектре многоатомных молекул.
29. Квантово-механическая задача для колебаний сложных молекул.
30. Таблицы характеристических частот. Общая классификация межмолекулярных сил.
31. Интенсивность в колебательном ИК спектре поглощения. Правила отбора для колебательных спектров поглощения и комбинационного рассеяния многоатомных молекул.
32. Две основных задачи, связанные с применением характеристичности частот колебательных ИК спектров.

#### **19.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций**

Оценка знаний, умений и навыков, характеризующая этапы формирования компетенций в рамках изучения дисциплины осуществляется в ходе текущей и промежуточной аттестаций.

Текущая аттестация проводится в соответствии с Положением о текущей аттестации обучающихся по программам высшего образования Воронежского государственного университета. Текущая аттестация проводится в форме: устного опроса (индивидуальный опрос, фронтальная беседа); оценки результатов практической деятельности (выполнение лабораторных работ). Критерии оценивания приведены выше.

Промежуточная аттестация проводится в соответствии с Положением о промежуточной аттестации обучающихся по программам высшего образования.

Контрольно-измерительные материалы промежуточной аттестации включают в себя вопросы, позволяющие оценить уровень полученных знаний.

При оценивании используется качественная шкала оценок. Критерии оценивания приведены выше.