

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Лельчицкий Игорь Давыдович

Должность: и.о. проректора по образовательной деятельности

Дата подписания: 13.07.2026 14:52:27

Уникальный программный ключ:

aa5b5ee17d97a2e4d94e98e995320af94f043ce2

УП: 04.04.01 Химия

ФХ 2025.plx

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
ФГБОУ ВО «ТВЕРСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»



Утверждаю:

Руководитель ООП:

 П.М. Пахомов

28 мая 2026 г.

Рабочая программа дисциплины

Физические методы исследования полимеров

Закреплена за кафедрой:	Физической химии
Направление подготовки:	04.04.01 Химия
Направленность (профиль):	Физическая химия
Квалификация:	Магистр
Форма обучения:	очная
Семестр:	3

Программу составил(и):

д-р хим. наук, зав. кафедрой, Пахомов Павел Михайлович

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Цели освоения дисциплины (модуля):

Целью дисциплины «Спектроскопия полимеров» является изучение теоретических основ методов оптической спектроскопии, практическое освоение методов спектрального анализа путем работы на спектральных приборах (ИК, УФ-видимого диапазонов), интерпретация спектров и анализ полученных спектральных данных, возможность применения спектральных методов на практике - в научных исследованиях и на производстве.

Задачи :

Задачами дисциплины являются:

1. освоение теоретических основ спектральных методов исследования - ИК спектроскопии, ИК-микроскопии, спектроскопии УФ-видимого диапазонов;
2. освоение особенностей пробоподготовки для различных спектральных методов исследования полимеров;
3. приобретение навыков практической работы на спектральных приборах - освоение программного обеспечения для ИК спектрометров, ИК-микроскопа, спектрометра УФ-видимого диапазонов.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП

Цикл (раздел) ОП: Б1.О

Требования к предварительной подготовке обучающегося:

Обучающиеся должны предварительно пройти дисциплины :

Структура и свойства полимеров

Актуальные проблемы науки о полимерах

Научно-исследовательская работа

Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:

Актуальные задачи современной химии. Часть 2.

Научно-исследовательская работа

Преддипломная практика

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость	6 ЗЕТ
Часов по учебному плану	216
в том числе:	
самостоятельная работа	90
часов на контроль	36

4. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

ОПК-1.1: Использует существующие и разрабатывает новые методики получения и характеристики веществ и материалов для решения задач в избранной области химии или смежных наук

ОПК-1.2: Использует современное оборудование, программное обеспечение и профессиональные базы данных для решения задач в избранной области химии или смежных наук

ОПК-2.1: Проводит критический анализ результатов собственных экспериментальных и расчетно-теоретических работ, корректно интерпретирует их

ОПК-2.2: Формулирует заключения и выводы по результатам анализа литературных данных, собственных экспериментальных и расчетно-теоретических работ в избранной области химии или смежных наук

5. ВИДЫ КОНТРОЛЯ

Виды контроля в семестрах:	
экзамены	3

6. ЯЗЫК ПРЕПОДАВАНИЯ

Язык преподавания: русский.

7. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

№	Наименование разделов и тем	Вид занятия	Сем.	Часов	Примечание
	Раздел 1. №1. Введение. Теоретические основы методов ИК, УФ и КР спектроскопии				
1.1	Введение. Теоретические основы методов ИК, УФ и КР спектроскопии	Лек	3	3	
1.2		Ср	3	13	
	Раздел 2. №2. Спектроскопия поглощения, отражения, рассеяния, испускания и эмиссионная				
2.1	Спектроскопия поглощения, отражения, рассеяния, испускания и эмиссионная	Лаб	3	14	
2.2		Лек	3	2	
2.3		Ср	3	13	
	Раздел 3. №3. Качественный и количественный спектральный анализ. Интерпретация спектров.				
3.1	Качественный и количественный спектральный анализ. Интерпретация спектров	Лек	3	2	
3.2		Ср	3	13	
	Раздел 4. №4. Аналитические задачи оптической спектроскопии.				
4.1		Лаб	3	16	
4.2		Ср	3	13	
4.3		Лек	3	2	
	Раздел 5. №5. Решение химических задач методами оптической спектроскопии				

5.1		Лаб	3	16	
5.2		Ср	3	13	
5.3		Лек	3	2	
5.4		Экзамен	3	36	
	Раздел 6. №6. Структурные исследования методами спектроскопии				
6.1	Структурные исследования методами спектроскопии	Лаб	3	16	
6.2		Ср	3	12	
6.3		Лек	3	2	
	Раздел 7. №7. Решение технологических задач методами спектроскопии. Современные достижения в спектральном анализе				
7.1	Решение технологических задач методами спектроскопии. Современные достижения в спектральном анализе	Лаб	3	13	
7.2		Ср	3	13	
7.3		Лек	3	2	

Образовательные технологии

- традиционные (фронтальная лекция, решение упражнений),
- информационные (показ презентаций)
- технология исследовательской деятельности (химический эксперимент)
- технология модульного и блочно-модульного обучения
- здоровьесберегающие технологии

Список образовательных технологий

1	Активное слушание
2	Технологии развития критического мышления
3	Дискуссионные технологии (форум, симпозиум, дебаты, аквариумная дискуссия, панельная дискуссия, круглый стол, фасилитированная и т.д.)
4	Игровые технологии
5	Тренинг
6	Портфолио
7	Информационные (цифровые) технологии
8	Технологии развития дизайн-мышления
9	Методы группового решения творческих задач (метод Дельфи, метод 6–6, метод развивающей кооперации, мозговой штурм (метод генерации идей), нетворкинг и т.д.)
10	Проектная технология
11	Метод case-study
12	Занятия с применением затрудняющих условий

8. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

8.1. Оценочные материалы для проведения текущей аттестации

ФОС в Приложении.

Примерный перечень вопросов для подготовки к экзамену:

1. Классификация спектроскопических методов по диапазонам электромагнитного спектра.
2. Прямая и обратная задачи в ИК спектральном анализе полимеров.
3. Качественный ИК спектральный анализ.
4. Основные валентные и деформационные колебания.
5. Количественный ИК спектральный анализ. Суть закона Ламберта-Бугера-Бера.
6. Оценка и причины погрешности в количественном ИК спектральном анализе.
7. Основные характеристики ИК полосы поглощения.
8. Проявление в ИК спектре конфигурационных, конформационных и деструкционных изменений.
9. ИК дихроизм и ориентационное состояние полимеров.
10. Как изучать фазовые переходы в полимерах методом ИК спектроскопии?
11. Проявление интерференции в ИК спектрах и ее практическое использование.
12. В чем суть метода дейтерозамещения?
13. Конформационные дефекты и их проявление в ИК спектре.
14. Водородная связь и ее проявление в ИК спектре.
15. Основы метода НПВО.
16. Ближняя, средняя и дальняя ИК области.
17. Как изучать упругую и высокоэластическую деформации полимеров методом ИК спектроскопии?
18. Изучение деструкционных процессов в полимерах с помощью метода ИК спектроскопии?
19. Преимущества метода Фурье-ИК спектроскопии перед обычным методом ИК спектроскопии.
20. Влияние рассеяния на ИК спектр поглощения. Метод базисной линии.
21. Определение среднего размера рассеивающих частиц (поры, частицы наполнителя и др.) в полимерной матрице путем анализа рассеянного излучения в оптическом спектре.
22. В чем суть метода «отпечатков пальцев»?
23. Как оценить степень ориентации того или иного молекулярного сегмента с помощью метода ИК спектроскопии?
24. Оценка длины транс-цепи методом продольной акустической моды.
25. ИК спектроскопия в режиме IMAGE.
26. Принцип действия полимерного световода. Причины светопотерь в нем.
27. Как получить ИК спектр полимерного волокна?
28. В чем суть реооптических исследований?
29. Основы метода УФ спектроскопии.
30. КР–спектроскопия. Специфика метода и задачи, решаемые с ее применением.
31. Флуоресцентный анализ полимеров.

8.2. Оценочные материалы для проведения промежуточной аттестации

8.3. Требования к рейтинг-контролю

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Рекомендуемая литература

Основная

Шифр	Литература
Л.1.1	Купцов А. Х., Жижин Г. Н., Фурье-КР и Фурье-ИК спектры полимеров, Москва: Техносфера, 2013, ISBN: 978-5-94836-360-8, URL: https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=273788
Л.1.10	Михайлова Ю.Н., Маланин М.Н., Хижняк С.Д., Пахомов П.М., Изучение гидрогелей ПВС методом УФ спектроскопии, , , ISBN: , URL: http://texts.lib.tversu.ru/texts2/0002879t.pdf
Л.1.2	Пахомов П.М., Овчинников М.М., Хижняк С.Д., Малахаев И.В., Лавриенко М.В., Nierling W., Lechner M.D., Пахомов П.М., Способности к структурированию водных растворов цистеина различного типа с нитратом серебра, , , ISBN: , URL: http://texts.lib.tversu.ru/texts2/0004391t.pdf
Л.1.3	Герцберг Г., Кондратьев В. Н., Спектры и строение двухатомных молекул, Москва: Издательство иностранной литературы, 1949, ISBN: 978-5-4475-1538-6, URL: https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=255713
Л.1.4	Хижняк С. Д., Пахомов П.М., Воробьева К. О., Кудряшова Е. В., Маланин М. Н., Auf der Landwehr M., Eichhorn K.-J., Изучение полимерных смесей и наполненных материалов методом ИК спектроскопии. Новый подход, , , ISBN: , URL: http://texts.lib.tversu.ru/texts2/0001119t.pdf
Л.1.5	Уразбахтина А.Ф., Дементьева С.М., Хижняк С.Д., Сурикова Е.И., Пахомов П.М., Пахомов П.М., ИК спектроскопическое изучение некоторых видов эпифитных лишайников, , , ISBN: , URL: http://texts.lib.tversu.ru/texts2/0004994t.pdf
Л.1.6	Хижняк С.Д., Nierling W., Овчинников М.М., Лавриенко М.В., Lecher M.D., Пахомов П.М., Пахомов П.М., 2. Изучение гелеобразования в водных растворах цистеина и нитрата серебра методом динамического светорассеяния, , , ISBN: , URL: http://texts.lib.tversu.ru/texts2/0004992t.pdf
Л.1.7	Овчинников М.М., Лавриенко М.В. ТвГУ, Подгорный Г.Н., Пахомов П.М., Пахомов П.М., Изучение аллотропных форм углерода методом ИК спектроскопии, , , ISBN: , URL: http://texts.lib.tversu.ru/texts2/0004984t.pdf
Л.1.8	Маккавеева Е.В., Донец А.А., Пахомов П.М., др., Пахомов Ю.М., УФ-спектроскопическое изучение гемоглобина и его производных, , , ISBN: , URL: http://texts.lib.tversu.ru/texts2/0002903t.pdf
Л.1.9	Маланин М.Н., Савкин Р.В., Хижняк С.Д., Пахомов П.М., Пахомов Ю.М., О рассеянии в ИК диапазоне на перфорированных полимерных пленках, , , ISBN: , URL: http://texts.lib.tversu.ru/texts2/0002894t.pdf

Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет"

Э1	1. Сутягин В.М. Физико-химические методы исследования полимеров. [Электронный ресурс]: учебное пособие. / В.М. Сутягин, А.А. Лянков. 3-е изд. С-Петербург: Лань. 2022. 140 с. : https://elanbook.com/book/212516
Э2	2. Купцов А.Х. Фурье-КР и Фурье-ИК спектры полимеров. [Электронный ресурс] / А.Х. Купцов, Г.Н. Жижин. Электрон. текстовые данные. М.: Техносфера, 2013. 696 с. ISBN 978-5-94836-360-8. : https://www.iprbookshop.ru/31880.html .
Э3	3. Попова, А.А. Физическая химия. [Электронный ресурс]: учеб. пособие / А.А. Попова, Т.Б. Попова. Электрон. дан. Санкт-Петербург: Лань, 2015. 496 с. : https://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=63591 .

Э4	4. Каныгина О.Н., Четверикова А.Г., Бердинский В.Л. Физические методы исследования веществ. 2014. 141 с. : https://www.iprbookshop.ru/
Э5	5. Пахомов П.М., Хижняк С.Д. Спектроскопия полимеров. Тверь: ТвГУ, 2010. 187 с. (Имеется в библиотеке ТвГУ).: http://library.tversu.ru

Перечень программного обеспечения

1	Google Chrome
2	Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows
3	OpenOffice
4	WinDjView
5	ABBYY Lingvo x5
6	eBook Maestro
7	Microsoft Web Deploy
8	Origin 8.1 Sr2
9	Microsoft Express Studio 4
10	HyperChem

Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1	ЭБС «ZNANIUM.COM»
2	ЭБС «Лань»
3	ЭБС BOOK.ru
4	ЭБС ТвГУ
5	Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU (подписка на журналы)
6	Журналы American Chemical Society (ACS)
7	БД Scopus
8	БД Web of Science

10. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Аудит-я	Оборудование
3-421	комплект учебной мебели, микроскопы, весы, Фурье ИК спектрометр, дополнительное оборудование для ИК Фурье спектрометра , комплекс
3-408	комплект учебной мебели, переносной ноутбук, проекторы, абсорбциометр, телефоны, ареометр, барометр анероид, дрель, колонки, мешалка магнитная,
3-3086	комплект учебной мебели, переносной ноутбук, проектор, весы аналитические, насос форвакуумный

11. МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Учебная программа

Программа включает 8 основных разделов:

1. Введение. Теоретические основы методов ИК, УФ и КР спектроскопии;
2. Спектроскопия поглощения, отражения, рассеяния, испускания и эмиссионная
3. Качественный и количественный спектральный анализ. Интерпретация спектров
4. Аналитические задачи ИК спектроскопии

5. Решение химических задач методами оптической спектроскопии
6. Структурные исследования методами спектроскопии
7. Решение технологических задач методами спектроскопии
8. Современные достижения в спектральном анализе

ВВЕДЕНИЕ

Исторический экскурс по проблеме развития спектрального анализа. Использование спектральных методов анализа для решения широкого круга проблем. Роль спектральных методов исследования для изучения структуры и свойств полимеров

1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МЕТОДОВ ИК, УФ И КР СПЕКТРОСКОПИИ

Разделение полного электромагнитного спектра на диапазоны. Типы электромагнитного излучения для различных диапазонов и процессы, происходящие при поглощении или излучении электромагнитного излучения. Особенности оптического диапазона: УФ-, видимое и ИК излучения. Теория колебаний – основа ИК и Раман спектроскопии. Ближняя, средняя и дальняя ИК области. Активные колебания. Прямая и обратная спектральные задачи. Природа УФ спектров. Основы спектроскопии комбинационного рассеяния или Раман спектроскопии. Задачи, решаемые с помощью методов УФ и Раман спектроскопии. Преимущества и недостатки методов оптической спектроскопии.

2. СПЕКТРОСКОПИЯ ПОГЛОЩЕНИЯ, ОТРАЖЕНИЯ, РАССЕЯНИЯ И ИСПУСКАНИЯ

Виды спектроскопии в зависимости от характера взаимодействия электромагнитного излучения с веществом: спектроскопия поглощения (абсорбционная), спектроскопия отражения от поверхности вещества (отражательная), спектроскопия рассеяния и спектроскопия испускания (эмиссионная). Метод НПВО.

3. КАЧЕСТВЕННЫЙ СПЕКТРАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ. ИНТЕРПРЕТАЦИЯ СПЕКТРОВ. КОЛИЧЕСТВЕННЫЙ СПЕКТРАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ

Качественный спектральный анализ. Характеристические полосы поглощения. Валентные и деформационные колебания. Метод «отпечатков пальцев». Гармонический осциллятор и его частота колебаний. Природа ангармонизма колебаний. Интенсивность колебаний. Количественный спектральный анализ. Закон Бугера-Ламберта-Бера. Метод базисной линии. Влияние различных факторов на интенсивность и положение полос поглощения. Метод дейтерозамещения. Чувствительность спектроскопических методов и ошибки при спектральных измерениях. Проявление интерференции в ИК спектрах и использование этого явления.

4. АНАЛИТИЧЕСКИЕ ЗАДАЧИ ИК СПЕКТРОСКОПИИ

Определение молекулярной неоднородности полимеров. Анализ сополимеров. Анализ модифицирующих добавок, наличия пластификатора и других добавок и примесей в полимерах.

5. РЕШЕНИЕ ХИМИЧЕСКИХ ЗАДАЧ МЕТОДАМИ ОПТИЧЕСКОЙ СПЕКТРОСКОПИИ

Спектроскопическое изучение реакций полимеризации и сополимеризации, поликонденсации, полимераналогичных превращений, деструкции и структурирования.

6. СТРУКТУРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ МЕТОДАМИ СПЕКТРОСКОПИИ

Анализ конфигурационной структуры полимеров. Конформационная структура и поворотнo-изомерные перестройки на примере ИК спектров полиэтилена.

Спектроскопическое изучение молекулярной и надмолекулярной структуры, фазовых переходов. Оценка степени кристалличности полимера методом ИК спектроскопии. Характеристика типа и силы водородной связи с помощью метода ИК спектроскопии. Ориентированное состояние полимеров и его характеристика. ИК дихроизм.

7. РЕШЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ЗАДАЧ МЕТОДАМИ СПЕКТРОСКОПИИ

Разрушение полимеров и его изучение с помощью метода ИК спектроскопии. Концевые группы и молекулярные разрывы. Изучение методом ИК спектроскопии различных видов деформации в полимерах. Упругая деформация и сдвиг по частоте полосы поглощения валентных колебаний. Высокоэластическая деформация и конформационные перестройки. Появление концевых групп при «химическом течении» полимера. Кинетика и

геометрия деформации. Спектроскопическое изучение ориентационного упрочнения полимеров. Влияние исходной морфологии порошка полимера, ориентационной вытяжки на механические свойства готового полимерного материала (волокно, пленка).

Спектроскопическое изучение на стадии формования волокон..

8. СОВРЕМЕННЫЕ ДОСТИЖЕНИЯ В СПЕКТРАЛЬНОМ АНАЛИЗЕ

ИК микроскопия. Использование метода ИК спектроскопии для характеристики пористой структуры полимерного материала (общая пористость, концентрация и средний размер пор, их распределение по размерам) и размера частиц наполнителя, их агрегации в полимерном композите путем анализа компоненты рассеяния и поглощения в общем ослаблении интенсивности ИК излучения. Спектроскопическое изучение расплавов, растворов и гелей полимеров.

Перечень основной и дополнительной литературы по дисциплине:

1. Сутягин В.М. Физико-химические методы исследования полимеров.

[Электронный ресурс]: учебное пособие. / В.М. Сутягин, А.А. Лянков. 3-е изд. С-Петербург: Лань. 2022. 140 с. Режим доступа: <https://elanbook.com/book/212516>.

2. Купцов А.Х. Фурье-КР и Фурье-ИК спектры полимеров. [Электронный ресурс] / А.Х. Купцов, Г.Н. Жижин. Электрон. текстовые данные. М.: Техносфера, 2013. 696 с. ISBN 978-5-94836-360-8. Режим доступа: <https://www.iprbookshop.ru/31880.html>.

3. Попова, А.А. Физическая химия. [Электронный ресурс]: учеб. пособие / А.А. Попова, Т.Б. Попова. Электрон. дан. Санкт-Петербург: Лань, 2015. 496 с. Режим доступа: https://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=63591.

4. Каныгина О.Н., Четверикова А.Г., Бердинский В.Л. Физические методы исследования веществ. 2014. 141 с. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.iprbookshop.ru/33663.html>.

5. Пахомов П.М., Хижняк С.Д. Спектроскопия полимеров. Тверь: ТвГУ, 2010. 187 с. (Имеется в библиотеке ТвГУ).