

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Смирнов Сергей Николаевич  
Должность: врио ректора  
Дата подписания: 14.05.2025  
Уникальный программный ключ:  
69e375c64f7e975d4e8830e741c5ad0b35584

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
ФГБОУ ВО «Тверской государственный университет»



Утверждаю:

Руководитель ООП:

 П.М. Пахомов

14 мая 2025

Рабочая программа дисциплины (с аннотацией)  
**Спектроскопия полимеров**

Направление подготовки  
04.04.01 химия

Направленность (профиль)  
Физическая химия

Для студентов 2 курса очной формы обучения

Составитель: д.х.н., профессор Пахомов П.М.

Тверь, 2025

## I Аннотация

### 2. Цели и задачи дисциплины:

**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.

**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.

### 3. Место дисциплины в структуре ООП:

Дисциплина «Спектроскопия полимеров» входит в Элективные дисциплины 6 обязательной части Блока 1. «Дисциплины» учебного плана.

Она закладывает основы знаний для освоения дисциплин: «Актуальные задачи современной химии. Часть 2», «Нанотехнологии».

**3. Объем дисциплины: 6 зачетных единиц, 216 академических часов, в том числе:**

**контактная аудиторная работа:** лекции - 15 часов, лабораторные работы - 75 часов, в т. ч. лабораторная практическая подготовка – 75 часов;

**самостоятельная работа: 99 часов, контроль - 27 часов.**

### 4. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы:

| Планируемые результаты освоения образовательной программы (формируемые компетенции)                                     | Планируемые результаты обучения по дисциплине                                                                                                                   |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>ОПК-1</b> Способен выполнять комплексные экспериментальные и расчетно-теоретические исследования в избранной области | ОПК-1.1. Использует существующие и разрабатывает новые методики получения и характеристики веществ и материалов для решения задач в избранной области химии или |

|                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| химии или смежных наук с использованием современных приборов, программного обеспечения и баз данных профессионального назначения                                                 | смежных наук;<br><br>ОПК-1.2. Использует современное оборудование, программное обеспечение и профессиональные базы данных для решения задач в избранной области химии или смежных наук.                                                                                                                                                                    |
| ОПК-2 Способен анализировать, интерпретировать и обобщать результаты экспериментальных и расчетно-теоретических работ в избранной области химии или смежных наук                 | ОПК-2.1. Проводит критический анализ результатов собственных экспериментальных и расчетно-теоретических работ в избранной области химии или смежных наук;<br>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. |
| ОПК-4 Способен готовить публикации, участвовать в профессиональных дискуссиях, представлять результаты профессиональной деятельности в виде научных и научно-популярных докладов | ОПК-4.2 Представляет результаты своей работы в устной форме на русском и английском языке.                                                                                                                                                                                                                                                                 |

## 5. Форма промежуточной аттестации и семестр проведения:

экзамен в 3-м семестре.

## 6. Язык преподавания русский.

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

| № | Наименование разделов и тем                                              | Все<br>го | Аудиторные занятия |                                | Самост.<br>работа | Конт<br>роль |
|---|--------------------------------------------------------------------------|-----------|--------------------|--------------------------------|-------------------|--------------|
|   |                                                                          |           | Лек<br>ции         | Лабо<br>ра<br>торные<br>работы |                   |              |
| 1 | Введение. Теоретические основы методов ИК, УФ и КР спектроскопии         | 19        | 3                  | 0                              | 13                | 3            |
| 2 | Спектроскопия поглощения, отражения, рассеяния, испускания и эмиссионная | 32        | 2                  | 14                             | 13                | 3            |
| 3 | Качественный и количественный                                            | 32        | 2                  | 14                             | 13                | 3            |

|   |                                                                                                              |            |           |           |           |           |
|---|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|   | спектральный анализ.<br>Интерпретация спектров.                                                              |            |           |           |           |           |
| 4 | Аналитические задачи<br>оптической спектроскопии.                                                            | 36         | 2         | 16        | 13        | 5         |
| 5 | Решение химических задач<br>методами оптической<br>спектроскопии                                             | 26         | 2         | 6         | 13        | 5         |
| 6 | Структурные исследования<br>методами спектроскопии                                                           | 36         | 2         | 16        | 13        | 5         |
| 7 | Решение технологических задач<br>методами спектроскопии.<br>Современные достижения в<br>спектральном анализе | 35         | 2         | 9         | 21        | 3         |
|   | <b>Итого:</b>                                                                                                | <b>216</b> | <b>15</b> | <b>75</b> | <b>99</b> | <b>27</b> |

### III Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине:

- Учебная программа
- Темы лабораторных работ
- Методические рекомендации по организации самостоятельной работы студентов
- Перечень вопросов для самостоятельной работы
- Темы рефератов
- Экзаменационные вопросы по дисциплине

### IV. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине: «Спектроскопия полимеров»

Типовые контрольные задания для проверки уровня сформированности компетенции ПК-2 владение теорией и навыками практической работы в избранной области химии:

| Этап формирования компетенции, в котором участвует дисциплина                              | Типовые контрольные задания для оценки знаний, умений, навыков (2-3 примера)                                        | Показатели и критерии оценивания компетенции, шкала оценивания                       |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Заключительный</b><br><b>Владеть:</b><br>поиском информации в глобальной сети интернет; | <b>Кейс:</b><br>1. Кто и когда открыл ИК излучение?<br><br>а) М.В. Ломоносов в 1740 г.;<br>б) У. Гершель в 1800 г.. | Имеется полное верное решение, включающее правильный ответ – 3 балла;<br>Дано верное |

|                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                | <p><b>2.</b> Каковы виды упругого рассеяния света?</p> <p>а) комбинационное и бриллюэновское;</p> <p>б) релеевское, дифракционное и рассеяние Ми.</p> <p><b>3.</b> Какие диапазоны электромагнитного спектра отвечают методам оптической спектроскопии?</p> <p>а) микроволновое и радиоволновое излучение;</p> <p>б) гамма-лучи и рентгеновское излучение;</p> <p>в) УФ, видимое и ИК излучение.</p> | <p>решение, но допущены несущественные фактические ошибки, не искажающие общего смысла – 2 балла;</p> <p>Имеется верное решение только части задания – 1 балл. 1 балл – «3» 2 балла – «4» 3 балла – «5»</p>                                                                                            |
| <p><b>Уметь:</b><br/>готовить образцы (пленки, таблетки, суспензии и др.) для записи ИК спектров.</p>          | <p><b>1.</b> Как получить ИК спектр полимерного волокна?</p> <p><b>2.</b> Определение среднего размера рассеивающих частиц (поры, частицы наполнителя и др.) в полимерной матрице путем анализа рассеянного излучения в оптическом спектре?</p>                                                                                                                                                      | <p>Имеется полное верное решение, включающее правильный ответ – 3 балла;</p> <p>Дано верное решение, но допущены несущественные фактические ошибки, не искажающие общего смысла – 2 балла;</p> <p>Имеется верное решение только части задания – 1 балл. 1 балл – «3», 2 балла – «4», 3 балла – «5»</p> |
| <p><b>Знать:</b><br/>спектроскопические методы исследования; качественный и количественный ИК спектральный</p> | <p><b>1.</b> Что такое характеристические ИК полосы поглощения?</p> <p>а) ИК полосы, отвечающие определенным колеблющимся химическим группам и,</p>                                                                                                                                                                                                                                                  | <p>Правильно выбран вариант ответа – 1 балл</p> <p>Тест из 3 заданий:<br/>1 балл – «3»,<br/>2 балла – «4»,<br/>3 балла – «5»</p>                                                                                                                                                                       |

|         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |  |
|---------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
| анализ. | <p>независимо от различных исследуемых веществ, лежащие на определенных частотах; б) характеризуют валентную связь; в) присутствуют в блочных полимерах; г) связаны с определенной конформацией молекулярной цепи.</p> <p>2. Каковы основные причины светопотерь в полимерном световоде?</p> <p>а) поглощение и рассеяние света; б) нарушение закона полного внутреннего отражения; в) влияние атмосферной влаги и температуры; г) механодеструкция.</p> <p>3. Чем поглощательная спектроскопия отличается от эмиссионной спектроскопии?</p> <p>а) одно и то же; б) эмиссионная спектроскопия – это упругое рассеяние падающего света; в) при эмиссионной спектроскопии происходит испускание энергии веществом, в отличие от поглощательной спектроскопии.</p> |  |
|---------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|

**Типовые контрольные задания для проверки уровня сформированности компетенции ПК-3** готовность использовать современную аппаратуру при проведении научных исследований:

|                                                           |                                                                                     |                                                            |
|-----------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|
| <b>Этап формирования компетенции, в котором участвует</b> | <b>Типовые контрольные задания для оценки знаний, умений, навыков (2-3 примера)</b> | <b>Показатели и критерии оценивания компетенции, шкала</b> |
|-----------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|

| дисциплина                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | оценивания                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><b>Заключительный Владеть:</b><br/>современными компьютерными технологиями, применяемыми при обработке результатов научных экспериментов и сборе, обработке, хранении и передаче информации при проведении самостоятельных научных исследований.</p> | <p><b>Кейс:</b></p> <p><b>1.</b> Степень полимеризации макромолекулы равна:</p> <p>а) отношению молекулярной массы макромолекулы к молекулярной массе структурного звена;<br/> б) выходу полимера в реакции его образования;<br/> в) отношению молекулярной массы структурного звена к молекулярной массе макромолекулы;<br/> г) массы мономера к массе образовавшегося полимера.</p> <p><b>2.</b> Какие признаки отличают полимеры от низкомолекулярных соединений?</p> <p>а) плохая растворимость;<br/> б) набухание при растворении;<br/> в) низкая вязкость растворов;<br/> г) высокая вязкость растворов;<br/> д) неспособность к кристаллизации;<br/> е) эластичность;<br/> ж) низкая хрупкость;<br/> з) термопластичность;<br/> и) термореактивность;<br/> к) электропроводность</p> <p><u>Выберите вариант ответа:</u></p> <p>а) б, г, е, ж;<br/> б) а, б, д, з, и, к;<br/> в) б, г, д, е, з, и;<br/> г) а, б, в, ж, к.</p> <p><b>3.</b> Сравните гибкость макромолекул: А. <math>[-CO-(CH_2)_5-NH-]_n</math>; Б. <math>[-CH_2-CH(CH_3)-]_n</math>;<br/> а) <math>A = B</math>;<br/> б) <math>A &gt; B</math>;<br/> в) <math>A &lt; B</math>;<br/> г) в таких полимерах гибкость не</p> | <p>Имеется полное верное решение, включающее правильный ответ – 3 балла;<br/> Дано верное решение, но допущены несущественные фактические ошибки, не искажающие общего смысла – 2 балла;<br/> Имеется верное решение только части задания – 1 балл.<br/> 1 балл – «3»<br/> 2 балла – «4»<br/> 3 балла – «5»</p> |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                         | проявляется.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| <p><b>Уметь:</b><br/>записывать ИК спектры образцов, их расшифровывать и интерпретировать.</p>                                                                                                                                                                                          | <p><b>1.</b> В чем заключаются преимущества метода Фурье-ИК спектроскопии перед обычным методом ИК спектроскопии?</p> <p><b>2.</b> ИК дихроизм и ориентационное состояние полимеров?</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | <p>Имеется полное верное решение, включающее правильный ответ – 3 балла;</p> <p>Дано верное решение, но допущены несущественные фактические ошибки, не искажающие общего смысла – 2 балла;</p> <p>Имеется верное решение только части задания – 1 балл.</p> <p>1 балл – «3»<br/>2 балла – «4»<br/>3 балла – «5»</p> |
| <p><b>Знать:</b><br/>основы методов оптической спектроскопии (УФ-, ИК- и Раман спектроскопия); какие задачи могут решать методы оптической спектроскопии при изучении строения и свойств полимеров; представление о новых разработках и достижениях в области спектральной техники.</p> | <p><b>1.</b> Какие диапазоны электромагнитного спектра отвечают методам оптической спектроскопии?</p> <p>а) микроволновое и радиоволновое излучение;<br/>б) гамма-лучи и рентгеновское излучение;<br/>в) УФ, видимое и ИК излучение.</p> <p><b>2.</b> Что такое характеристические ИК полосы поглощения?</p> <p>а) ИК полосы, отвечающие определенным колеблющимся химическим группам и, независимо от различных исследуемых веществ; лежащие на определенных частотах.<br/>б) характеризуют валентную связь;<br/>в) присутствуют в блочных полимерах;</p> | <p>Правильно выбран вариант ответа – 1 балл</p> <p>Тест из 3 заданий:<br/>1 балл – «3»,<br/>2 балла – «4»,<br/>3 балла – «5»</p>                                                                                                                                                                                    |

|  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |  |
|--|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
|  | <p>г) связаны с определенной конформацией молекулярной цепи</p> <p><b>3. На каком законе основан количественный ИК спектральный анализ?</b></p> <p>а) на законе полного внутреннего отражения света;</p> <p>б) на рассеяния света по закону Рэлея;</p> <p>в) на законе Бугера-Ламберта-Бера.</p> |  |
|--|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|

#### **V. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины:**

##### *а) Основная литература:*

1. Зарубин Д.П. Физическая химия : учеб. пособие / Д.П. Зарубин. — М. : ИНФРА-М, 2017. — 474 с. + Доп. материалы [Электронный ресурс; Режим доступа <http://www.znanium.com>]. — (Высшее образование: Бакалавриат). — Режим доступа: <http://znanium.com/go.php?id=469097>
2. Пахомов П.М., Хижняк С.Д. Спектроскопия полимеров: учеб. Пособие. Тверь: ТвГУ, 2010. – 188 с. (Библиотека ТвГУ).

##### *б) Дополнительная литература:*

1. 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. — 978-5-94836-360-8. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/31880.html>
2. 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: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=63591](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=63591)
3. Каныгина О.Н., Четверикова А.Г., Бердинский В.Л. Физические методы исследования веществ, 2014, 141 с. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/33663.html>

#### **VI. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины**

<https://www.bruker.com/products/infrared-near-infrared-and-raman-spectroscopy/landing-pages/general/ir-tutor>

<https://www.thermofisher.com/ru/ru/home/industrial/spectroscopy-elemental-isotope-analysis/spectroscopy>

<http://www.xumuk.ru/>

<http://nehudlit.ru/books/subcat283.html>

[http://www.krugosvet.ru/enc/nauka\\_i\\_tehnika/himiya/BIOHIMIYA.html](http://www.krugosvet.ru/enc/nauka_i_tehnika/himiya/BIOHIMIYA.html)

<http://www.medbook.net.ru/23.shtml>

<http://www.chem.msu.su/rus/teaching/kolman/index.htm>

## **VII. 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 формирования 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.

Основой формирования учебного курса "Спектроскопия полимеров" являются: фундаментальная научная дисциплина "Высокомолекулярные соединения", теория колебаний и прикладная спектроскопия. Рассматриваются теоретические основы методов оптической спектроскопии (ИК, УФ, КР). Обсуждается использование спектральных методов при качественном и количественном анализе полимеров (химический состав, конформационный и конфигурационный состав, степень кристалличности, и др.). Рассматривается применение методов спектроскопии при решении аналитических, химических, структурных и технологических задач в области физики, химии и технологии полимеров. Сообщается о последних достижениях в области спектроскопии полимеров (Фурье-ИК спектроскопия, ИК-микроскопия). Теоретические знания, полученные студентами, закрепляются в ходе работы на современном спектральном оборудовании - на Фурье-ИК спектрометрах "Equinox 55", "Vertex 70", («Bruker»), спектрометре УФ-видимого диапазонов «Evolution Array» ("ThermoScientific"), "Specord M40".

### **Темы лабораторных работ**

1. История открытия ИК излучения и создания ИК спектрального анализа. Роль российских ученых в развитии теории колебаний. Место спектроскопических методов анализа в изучении строения и свойств полимеров.
2. Спектроскопические методы – как методы, основанные на взаимодействии электромагнитного излучения с образцом. Ведущая роль методов оптической и радиоспектроскопии в изучении строения полимеров. Ближняя, средняя и дальняя ИК области
3. Различные виды спектрального анализа: спектроскопия поглощения, спектроскопия рассеяния, спектроскопия отражения и эмиссионная спектроскопия. Упругое и неупругое рассеяние. Типы упругого рассеяния (рэлеевское, дифракционное, рассеяние Ми). Комбинационное рассеяние или рамановская спектроскопия.
4. Колебательная спектроскопия и основы теории колебаний. Прямая и обратная спектральные задачи. Обертон и составные частоты. Ферми-резонанс. Батахромный и гипсохромный сдвиги полос в УФ спектре поглощения. Возможности и преимущества метода УФ спектроскопии. Отличие и сходство методов ИК и рамановской спектроскопии
5. Валентные и деформационные колебания. Отнесение полос поглощения в ИК спектре. Характеристические полосы поглощения. Метод «отпечатков пальцев» в криминалистике. Интегральная оптическая плотность. Три основных характеристики ИК полосы поглощения. Зависимость полуширины

полосы поглощения от фазового состояния полимера. Определение концентрации поглощающих центров с помощью уравнения Бугера-Ламберта-Бера. Влияние различных факторов на погрешность спектроскопических измерений.

6. Решение с помощью методов спектрального анализа аналитических, химических, структурных и технологических задач. Определение следовых примесей в полимерах. Анализ неоднородности строения полимерной цепи и химического строения сополимеров.

7. Анализ химического, молекулярного и надмолекулярного строения полимеров. ИК дихроизм и ориентация молекулярных сегментов. Межмолекулярное взаимодействие и водородная связь. Кристаллическая и аморфная фаза в полимерах. Конформационный и конфигурационный состав полимеров.

8. Изучение методами ИК спектроскопии исходных порошков, растворов, расплавов, гелей и блочного состояния полимеров. Использование метода ИК спектроскопии в технологии получения (непосредственно в технологической цепи) различных полимерных материалов для выбора оптимальных технологических режимов и контроля самого производства.

10. Возможности метода Фурье-ИК спектроскопии для изучения кинетики быстропротекающих процессов в полимерах (Реакция синтеза, структурные перестройки и др.). Реооптические исследования.

### **Методические рекомендации по организации самостоятельной работы студентов:**

Самостоятельная работа по дисциплине «Спектроскопия полимеров» проводится с целью углубления и закрепления полученных в ходе лекционных занятий знаний и приобретение навыков пользования рекомендованной литературой, закрепления навыков практического научного исследования.

### ***Рекомендации по подготовке к контрольным работам и экзамену:***

Самостоятельное изучение дисциплины целесообразно начинать, ознакомившись с программой дисциплины и требованиями к знаниям и умениям по данной дисциплине. Далее можно переходить к его поэтапному изучению, привлекая для этого материалы лекций и рекомендованную учебную литературу.

Изучая дисциплину, необходимо добиться овладения ее основами и научиться применять теоретические знания для решения практических задач. Содержание незнакомых терминов, встретившихся в процессе освоения учебного материала, можно выяснить при помощи справочной литературы или у преподавателя.

Следует четко знать определения, принципы, дополнять каждый теоретический вопрос соответствующими примерами и графиками.

## ***Перечень вопросов для самостоятельной работы:***

### ***1. Введение***

Предмет и задачи курса «Спектроскопии полимеров». Когда и кто впервые открыл ИК излучение? Основные исторические даты.

Вклад зарубежных и отечественных ученых в становление и развитие спектроскопических методов исследования.

### ***2. Полный электромагнитный спектр. Оптический диапазон***

2.1. Диапазоны полного электромагнитного спектра, процессы происходящие в каждом диапазоне при взаимодействии излучения различной частоты с веществом, Виды спектральных методов исследования.

2.2. Методы спектроскопии УФ-, видимого и ИК диапазонов. Особое место методов оптической спектроскопии среди других спектральных методов.

### ***3. Спектроскопия поглощения, отражения, рассеяния и испускания***

3.1. Абсорбционная спектроскопия.

3.2. Спектроскопия неупругого рассеяния (рамановская, бриллюэновская).

3.3. Эмиссионная спектроскопия (флуоресценция, фосфоресценция и др.).

### ***4. Теоретические основы методов ИК, УФ и КР спектроскопии***

4.1. Основы теории колебаний. Интенсивность полос в ИК спектрах поглощения и КР спектрах рассеяния. ИК и КР спектроскопия – как два взаимодополняющих метода.

4.2. Метод Фурье-ИК спектроскопии.

4.3. Задачи решаемые при изучении строения полимеров с использованием приставки НПВО.

### ***5. Качественный и количественный спектральный анализ***

5.1. Задачи и принципы качественного спектрального анализа.

5.2. Задачи и принципы количественного спектрального анализа.

### ***6. Аналитические задачи ИК спектроскопии***

6.1. Характеристика неоднородности строения полимерных цепей.

6.2. Характеристика строения сополимеров.

6.3. Характеристика примесей и добавок в полимерах.

### ***7. Решение химических задач методами оптической спектроскопии***

7.1. Изучение реакции полимеризации.

7.2. изучение реакции поликонденсации.

7.3. Изучение реакции полимераналогичных превращений

### ***8. Структурные исследования методами спектроскопии***

8.1. Изучение химического строения (конфигурационный состав, степень регулярности, химический состав мономерного звена).

8.2. Изучение молекулярного строения полимеров (конформационный состав).

8.3. Изучение надмолекулярного строения полимеров (кристаллическая и аморфная фаза, водородная связь).

- 8.4. Изучение ориентационного состояния полимеров.
9. *Решение технологических задач методами спектроскопии*
- 9.1. Изучение процесса разрушения полимеров.
- 9.2. Изучение деформации.
- 9.3. Изучение ориентационного упрочнения полимеров.
- 9.4. Изучение структурных превращений на различных технологических стадиях получения полимерных материалов (формование, вытягивание, отжиг и др.).
10. *Современные достижения в спектральном анализе полимеров*

По этой теме студентам предлагаются темы рефератов, по которой они прорабатывают дополнительную литературу, затем докладывают своим коллегам.

***Темы рефератов:***

1. Фурье-ИК спектроскопии. Особенности метода.
2. Спектроскопия УФ-видимого диапазонов.
3. КР спектроскопия. Задачи, решаемые методом.
4. Основы теории колебаний.
5. Количественный ИК спектральный.
6. Качественный ИК спектральный анализ.
7. Изучение строения полимеров методом ИК спектроскопии.
8. Особенности метода НПВО и его применения
9. Применение ИК микроскопии - Image спектроскопия.

**Экзаменационные вопросы по дисциплине:**

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 его применением.
31. Флуоресцентный анализ полимеров.

### **Пример экзаменационного билета**

Тверской государственный университет

**Б И Л Е Т №**

**НАИМЕНОВАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ:**

**"Спектроскопия полимеров"**

1. Классификация спектроскопических методов по диапазонам электромагнитного спектра.
2. Количественный ИК спектральный анализ. Суть закона Ламберта-Бугера-Бера.
3. ИК спектроскопия в режиме IMAGE.
4. Оценка содержания аморфной и аморфно-кристаллической фазы в образцах полиэтилена с помощью анализа полос поглощения в области  $720-730\text{ см}^{-1}$ .

## **VIII Перечень педагогических и информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем:**

информационные технологии:

использование компьютеров для поддержки излагаемого учебного материала

программное обеспечение:

MSOffice 365 proplus

MSWindows 10 Enterprise

GoogleChrome

Origin 8.1 Sr2

ISISDraw 2.4 Standalone

информационно-справочные системы:

<http://www.edu.ru/> Федеральный портал «Российское образование»

<http://elibrary.ru/> Научная электронная библиотека

## **IX Материально-техническое обеспечение дисциплины:**

Весы аналитические, весы технические, поляриметр круговой, сушильные шкафы, ФЭК, ультразвуковая ванна, муфельная печь.

УФ-спектрометр «EvolutionArray», ИК Фурье спектрометр VERTEX 70, ИК микроскоп Hyperion 1000+ видеокамера высокого разрешения для ИК микроскоп Hyperion 1000 Infinity 1, Комплекс оборудования для исследования супрамолекулярных систем NanosizerZS, Кондуктометр S230 Mettler-Toledo, Вибровискозиметр SV-10, pH-метр SevenMulti.

Наборы демонстрационного оборудования и учебно-наглядных пособий, обеспечивающие тематические иллюстрации:

периодическая таблица элементов Д.И. Менделеева, таблица растворимости кислот оснований и солей, образцы химической посуды, варианты оформления стендовых научных докладов.

## **X Сведения об обновлении рабочей программы дисциплины:**

| №п.п. | Обновленный раздел рабочей программы дисциплины                         | Описание внесенных изменений                                              | Дата и протокол заседания кафедры, утвердившего изменения |
|-------|-------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|
| 1.    | Раздел VII Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины | Исключение требований к рейтинг-контролю из рабочей программы дисциплины. | Протокол № 11 от 18.05.2017                               |
|       | Раздел V. Учебно-                                                       | Добавлены новые пособия в                                                 | Протокол №11 от                                           |

|  |                                                            |                               |                                                                                     |
|--|------------------------------------------------------------|-------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
|  | методическое и<br>информационное<br>обеспечение дисциплины | основной список<br>литературы | 28.04.21г. заседания<br>ученого совета<br>химико-<br>технологического<br>факультета |
|  |                                                            |                               |                                                                                     |
|  |                                                            |                               |                                                                                     |