

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Смирнов Сергей Николаевич  
Должность: врио ректора  
Дата подписания: 05.09.2022 08:34:49  
Уникальный программный ключ:  
69e375c64f7e975d4e8830e7b4fcc2ad1bf35f08

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

ФГБОУ ВО «Тверской государственный университет»



Утверждаю:

Руководитель ООП

П.М. Пахомов

18 апреля 2021 г.

Рабочая программа дисциплины (с аннотацией)

**Структура и свойства полимеров**

Направление подготовки

**04.04.01 химия**

Профиль подготовки

**Физическая химия**

Для студентов 1 курса очной формы обучения

Составитель: *д.х.н., Пахомов П.М*

Тверь, 2021

## **I. Аннотация**

### **2. Цель и задачи дисциплины**

Целью освоения дисциплины (или модуля) является: знакомство студентов с современными представлениями о классификации полимеров, их молекулярном строении, морфологии. Рассмотрение фазово-агрегатных состояний в полимерах (расплав, раствор, кристалл, гель, жидкий кристалл). Анализ связи «структура – свойство» в полимерах на макро- и микроуровнях. Рассмотрение структурной обусловленности механических, диффузионных, тепловых, оптических и других свойств полимеров. Знакомство с современными методами изучения структуры и свойств полимеров. Обсуждение тенденций и направлений в области создания сверхвысокопрочных полимерных волокон, полимерных световодов, молекулярных композитов, полимерных мембран и др.

Задачами освоения дисциплины (или модуля) являются: фундаментальная научная дисциплина "Высокомолекулярные соединения", которая заключается в том, что полимерное состояние - особая форма существования веществ, которая в основных физических и химических проявлениях качественно отличается от низкомолекулярных веществ. Поэтому главное внимание в данном курсе уделяется рассмотрению основных свойств высокомолекулярных соединений отличных от свойств низкомолекулярных веществ. Большие размеры и цепное строение макромолекул обуславливают появление ряда важных специфических свойств, которые определяют практическую ценность полимеров как материалов, а также их биологическое значение.

### **2. Место дисциплины в структуре ООП**

Дисциплина «Структура и свойства полимеров» входит в обязательную часть Блока 1. «Дисциплины» учебного плана. Содержательно она закладывает основы знаний для освоения дисциплин базовой части («Актуальные задачи современной химии», «Нанохимия»), дисциплин по выбору.

**3. Объем дисциплины: 4 зачетных единиц, 144 академических часа,**

**в том числе:**

**контактная аудиторная работа:** лекции - 15 часов, лабораторные работы - 45 часов, в т.ч. практическая подготовка – 45 часов;

**контактная внеаудиторная работа:** контроль самостоятельной работы 10 часов;

**самостоятельная работа:** 47 часов, контроль – 27 часов.

**4. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы**

<b>Планируемые результаты освоения образовательной программы (формируемые компетенции)</b>	<b>Планируемые результаты обучения по дисциплине</b>
<b>ОПК-1 Способен выполнять комплексные экспериментальные и расчетно-теоретические исследования в избранной области химии или смежных наук с использованием современных приборов, программного обеспечения и баз данных профессионального назначения</b>	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.
<b>ОПК-2 Способен анализировать, интерпретировать и обобщать результаты экспериментальных и расчетно-теоретических работ в избранной области химии или смежных наук</b>	ОПК-2.1. Проводит критический анализ результатов собственных экспериментальных и расчетно-теоретических работ в избранной области химии или смежных наук; 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.
<b>ОПК-4 Способен готовить публикации, участвовать в профессиональных</b>	ОПК-4.2 Представляет результаты своей работы в устной форме на русском и английском языке.

<p>дискуссиях, представлять результаты профессиональной деятельности в виде научных и научно-популярных докладов</p>	
--	--

### 5. Форма промежуточной аттестации

Экзамен в 1 семестре

6. Язык преподавания русский.

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

Учебная программа – наименование разделов и тем	Всего (час.)	Контактная работа (час.)			Самостоятельная работа, в том числе Контроль (час.)
		Лекции	Практические занятия/	Контроль самостоятельной работы (в том числе курсовая работа)	
1. Введение	6	1	0	1	1
2. Классификация полимеров	6	1	0	2	1
3. Химическое строение и физическая структура	12	2	10	4	2
4. Морфология полимеров	12	1	8	2	1
5. Фазовые переходы в полимерах	12	1	2	2	1
6. Физические состояния	16	2	2	3	2
7. Кинетическая природа прочности полимеров	14	2	3	3	2
8. Полимерные растворы, гели, жидкие кристаллы	15	1	5	3	2

9. Структурная обусловленность свойств полимеров	16	1	3	2	1
10. Современные методы изучения строения и свойств полимеров	21	2	12	3	2
11. Высокие технологии в полимерах	14	1	0	2	2
<b>ИТОГО</b>	<b>144</b>	<b>15</b>	<b>45</b>	<b>67 (27+40 курс)</b>	<b>17</b>

### III. Образовательные технологии

Учебная программа – наименование разделов и тем (в строгом соответствии с разделом II РПД)	Вид занятия	Образовательные технологии
1. Введение	<ul style="list-style-type: none"> <li>лекция</li> <li>проверка домашних заданий</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>традиционные (фронтальная лекция),</li> <li>информационные (показ презентаций)</li> <li>технология модульного и блочно-модульного обучения</li> </ul>
2. Классификация полимеров	<ul style="list-style-type: none"> <li>лекция</li> <li>решение задач и упражнений</li> <li>проверка домашних заданий</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>традиционные (фронтальная лекция),</li> <li>информационные (показ презентаций)</li> <li>технология модульного и блочно-модульного обучения</li> </ul>
3. Химическое строение и физическая структура	<ul style="list-style-type: none"> <li>лекция</li> <li>решение задач и упражнений</li> <li>проверка домашних заданий</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>традиционные (фронтальная лекция, решение упражнений),</li> <li>информационные (показ презентаций)</li> <li>технология исследовательской деятельности (физический и химический эксперимент)</li> <li>технология модульного и блочно-модульного обучения</li> </ul>

4. Морфология полимеров	<ul style="list-style-type: none"> <li>• лекция</li> <li>• решение задач и упражнений</li> <li>• проверка домашних заданий</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• традиционные (фронтальная лекция, решение упражнений),</li> <li>• информационные (показ презентаций)</li> <li>• технология исследовательской деятельности (физический и химический эксперимент)</li> <li>• технология модульного и блочно-модульного обучения</li> </ul>
5. Фазовые переходы в полимерах	<ul style="list-style-type: none"> <li>• лекция</li> <li>• решение задач и упражнений</li> <li>• проверка домашних заданий</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• традиционные (фронтальная лекция, решение упражнений),</li> <li>• информационные (показ презентаций)</li> <li>• технология исследовательской деятельности (физический и химический эксперимент)</li> <li>• технология модульного и блочно-модульного обучения</li> </ul>
6. Физические состояния	<ul style="list-style-type: none"> <li>• лекция</li> <li>• решение задач и упражнений</li> <li>• проверка домашних заданий</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• традиционные (фронтальная лекция, решение упражнений),</li> <li>• информационные (показ презентаций)</li> <li>• технология исследовательской деятельности (физический и химический эксперимент)</li> <li>• технология модульного и блочно-модульного обучения</li> </ul>
7. Кинетическая природа прочности полимеров	<ul style="list-style-type: none"> <li>• лекция</li> <li>• решение задач и упражнений</li> <li>• проверка домашних заданий</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• традиционные (фронтальная лекция, решение упражнений),</li> <li>• информационные (показ презентаций)</li> <li>• технология исследовательской деятельности (физический и химический эксперимент)</li> <li>• технология модульного и блочно-модульного обучения</li> </ul>
8. Полимерные растворы, гели, жидкие кристаллы	<ul style="list-style-type: none"> <li>• лекция</li> <li>• решение задач и упражнений</li> <li>• проверка домашних заданий</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• традиционные (фронтальная лекция, решение упражнений),</li> <li>• информационные (показ презентаций)</li> <li>• технология исследовательской деятельности (физический и химический эксперимент)</li> <li>• технология модульного и блочно-модульного обучения</li> </ul>

9. Структурная обусловленность свойств полимеров	<ul style="list-style-type: none"> <li>• лекция</li> <li>• решение задач и упражнений</li> <li>• проверка домашних заданий</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• традиционные (фронтальная лекция, решение упражнений),</li> <li>• информационные (показ презентаций)</li> <li>• технология исследовательской деятельности (физический и химический эксперимент)</li> <li>• технология модульного и блочно-модульного обучения</li> </ul>
10. Современные методы изучения строения и свойств полимеров	<ul style="list-style-type: none"> <li>• лекция</li> <li>• решение задач и упражнений</li> <li>• проверка домашних заданий</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• традиционные (фронтальная лекция, решение упражнений),</li> <li>• информационные (показ презентаций)</li> <li>• технология исследовательской деятельности (физический и химический эксперимент)</li> <li>• технология модульного и блочно-модульного обучения</li> </ul>
11. Высокие технологии в полимерах	<ul style="list-style-type: none"> <li>• лекция</li> <li>• решение задач и упражнений</li> <li>• проверка домашних заданий</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• традиционные (фронтальная лекция),</li> <li>• информационные (показ презентаций)</li> <li>• технология модульного и блочно-модульного обучения</li> </ul>

#### IV. Оценочные материалы для проведения текущей и промежуточной аттестации

##### Текущий контроль успеваемости

#### РАССЧЕТ БАЛЛОВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «СТРУКТУРА И СВОЙСТВА ПОЛИМЕРОВ» 1 модуль

№	Результат (индикатор)	Вид работы / способ	Критерии оценивания
1	ОПК-1.1 ОПК-1.2 ОПК-4.2	Тесты - 6	6 баллов (тест содержит 10 вопросов, 0.1 балл за 1 правильный ответ)
2		Коллоквиум №1	15 баллов (коллоквиум включает обсуждение ответов за тест – 7.5 баллов, решение 10 задач – 7.5 баллов)
3		Выполнение домашней работы	4
4		Посещаемость	1

5		Работа на занятии	4
		<b>Итого:</b>	<b>30</b>

## 2 модуль

№	Результат (индикатор)	Вид работы / способ	Критерии оценивания
1	ОПК-1.1 ОПК-1.2 ОПК-4.2	Тесты - 5	6 баллов (тест содержит 10 вопросов, 0.15 баллов за 1 правильный ответ)
2		Коллоквиум №2	15 баллов (коллоквиум включает обсуждение ответов за тест – 7.5 баллов, решение 10 задач – 7.5 баллов)
3		Выполнение домашней работы	4
4		Посещаемость	1
5		Работа на занятии	4
		<b>Итого:</b>	<b>30</b>
6		<b>Экзамен</b>	<b>40 (10 заданий в билете по 4 балла)</b>
		<b>Итого за семестр</b>	<b>100 баллов</b>

## Текущий контроль успеваемости

### 1 модуль

#### Тест №1. Тема: «Введение»

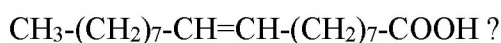
*Пример*

**1. Что называется полимером?**

Ответ 1: Группа атомов, многократно повторяющаяся в цепной макромолекуле,

Ответ 2: Высокомолекулярные вещества, состоящие из больших молекул цепного строения.

**2. Можно ли назвать макромолекулой полимера молекулу олеиновой кислоты:**



Ответ 1: да,

Ответ 2: нет.

**3. Степень полимеризации макромолекулы равна ...**



Ответ 1: отношению молекулярной массы макромолекулы к молекулярной массе структурного звена,

Ответ 2: выходу полимера в реакции его образования,

Ответ 3: отношению молекулярной массы структурного звена к молекулярной массе макромолекулы,

Ответ 4: отношению массы мономера к массе образовавшегося полимера.

**4. Чему равна молекулярная масса макромолекулы полипропилена, если степень полимеризации  $n = 1000$  ?**

Ответ 1: 140000,

Ответ 2: 42000,

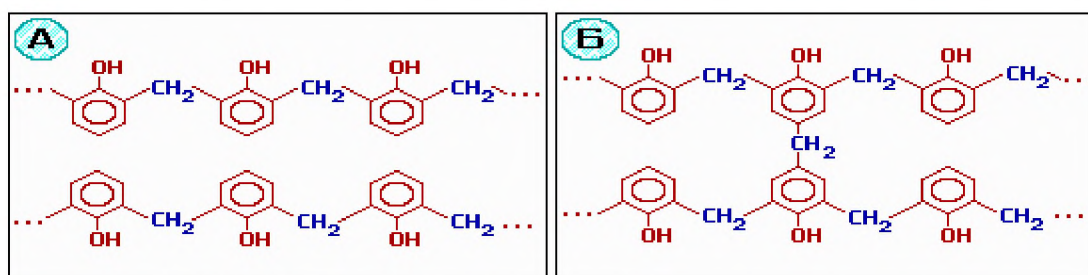
Ответ 3: 28000,

Ответ 4: 10000,

### Тест №2. Тема: «Классификация полимеров»

*Пример*

**Какова геометрическая форма макромолекул полимеров А и Б?**



Ответ 1: А - линейная форма; Б - пространственная форма,

Ответ 2: А - линейная форма; Б - разветвленная форма,

Ответ 3: А - разветвленная форма; Б - пространственная форма,

Ответ 4: А - пространственная форма; Б - разветвленная форма.

### Тест №3. Тема: «Химическое строение и физическая структура»

*Пример*

**Какое химическое строение имеют макромолекулы поливинилхлорида:**

а)  $\dots-\text{CH}_2-\text{CHCl}-\text{CHCl}-\text{CH}_2-\text{CHCl}-\text{CH}_2-\text{CHCl}-\text{CH}_2-\dots$ ;

б)  $\dots-\text{CHCl}-\text{CH}_2-\text{CHCl}-\text{CH}_2-\text{CHCl}-\text{CH}_2-\dots$ ?

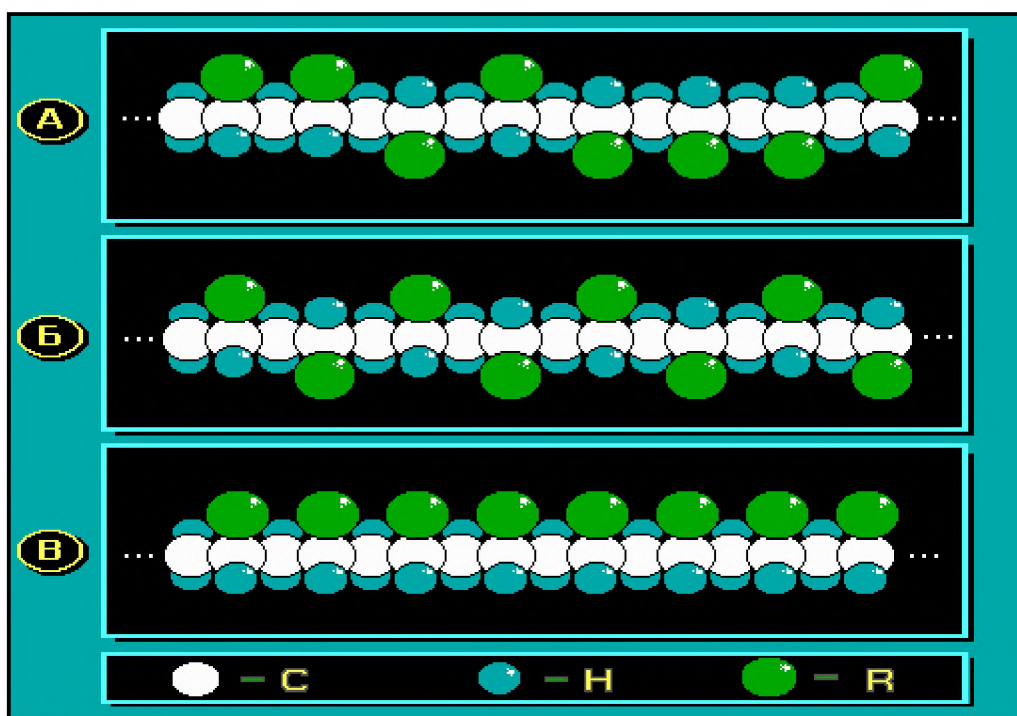
Ответ 1: а - регулярное, б - нерегулярное строение,

Ответ 2: а и б - регулярное строение,

Ответ 3: а и б - нерегулярное строение,

Ответ 4: а - нерегулярное, б - регулярное строение.

**Какие макромолекулы имеют стереорегулярное строение?**



Ответ 1: А, Б,

Ответ 2: Б, В,

Ответ 3: А, Б, В,

Ответ 4: А, В,

Ответ 5: А,

Ответ 6: В.

**Чему равна молекулярная масса макромолекулы полипропилена, если степень полимеризации  $n = 1000$  ?**

Ответ 1: 140000,

Ответ 2: 42000,

Ответ 3: 28000,

Ответ 4: 10000,

**Сравните гибкость макромолекул:**

А.  $[-CO-(CH_2)_5-NH-]_n$ ; Б.  $[-CH_2-CH(CH_3)-]_n$ .

Ответ 1: А = Б,

Ответ 2: А > Б,

Ответ 3: А < Б,

Ответ 4: в таких полимерах гибкость не проявляется.

**Тест №4. Тема: «Морфология полимеров»**

*Пример*

1. Молекулярное и надмолекулярное строение полимеров.
2. Кристаллическая решетка и типы кристаллографических ячеек.
3. Назовите принципы упаковки макромолекул, типы кристаллитов.
4. Ориентированное состояние полимеров и его характеристика.

**Тест №5. Тема: «Фазовые переходы в полимерах»**

*Пример*

1. Назовите условия, необходимые для кристаллизации полимеров.
2. Как определяются температура кристаллизации и плавления?
3. Механизм и кинетика кристаллизации.
4. Плавление.

### Тест №6. Тема: «Физические состояния»

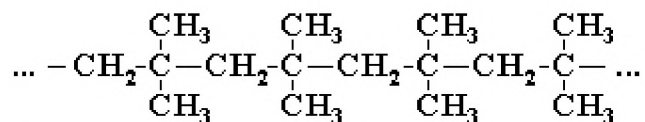
*Пример*

1. Высокоэластическое состояние. Термодинамика и молекулярный механизм высокоэластической деформации.
2. Энтропийная природа высокоэластичности.
3. Связь между равновесной упругой силой и удлинением.
4. Релаксационные явления в полимерах. Механические и диэлектрические потери.
5. Принцип температурно-временной суперпозиции.
6. Стеклообразное состояние. Особенности полимерных стекол.
7. Вынужденная эластичность и изотермы растяжения.
8. Механизм вынужденно-эластической деформации. Предел вынужденной эластичности. Хрупкость полимеров.
9. Вязкотекучее состояние. Механизм вязкого течения. Кривые течения полимеров.
10. Зависимость температуры вязкого течения от молекулярной массы. Аномалии вязкого течения. Формование изделий из полимеров в режиме вязкого течения.

### Коллоквиум №1. Тема: «Строение и свойства полимеров»

*Пример*

**Задача 1.** Определите геометрическую форму макромолекулы:



Ответ 1: разветвленная,

Ответ 2: линейная,

Ответ 3: пространственная.

**Задача 2.** Чему равна молекулярная масса макромолекулы полипропилена, если степень полимеризации  $n = 1000$  ?

Ответ 1: 140000,

Ответ 2: 42000,

Ответ 3: 28000,

Ответ 4: 10000.

**Задача 3.** Какие признаки отличают полимеры от низкомолекулярных соединений:

- |                                    |                        |
|------------------------------------|------------------------|
| а) плохая растворимость;           | е) эластичность;       |
| б) набухание при растворении;      | ж) низкая хрупкость;   |
| в) низкая вязкость растворов;      | з) термопластичность;  |
| г) высокая вязкость растворов;     | и) термореактивность;  |
| д) неспособность к кристаллизации; | к) электропроводность? |

Ответ 1: б, г, е, ж,

Ответ 2: а, б, д, з, и, к,



Ответ 3: б, г, д, е, з, и,

Ответ 4: а, б, в, ж, к.

## 2 модуль

**Тест №1.** Тема: «Кинетическая природа прочности полимеров»

*Пример*

1. Понятие о теоретической прочности полимеров. Основные теории прочности: Орована, Гриффитса, термофлуктуационная, релаксационная.
2. Долговечность. Кинетическая природа прочности. Формула Журкова для долговечности.
3. Образование микротрещин. Распространение трещин. Статическая и динамическая усталость.

**Тест №2.** Тема: «Полимерные растворы, гели, жидкие кристаллы»

*Пример*

1. Сходство и различие истинных и коллоидных растворов.
2. Полимерный гель. Классификация гелей.
3. Жидкокристаллическое состояние жесткоцепных полимеров.

**Тест №3.** Тема: «Структурная обусловленность свойств полимеров»

*Пример*

1. Влияние ориентации макромолекул на долговечность и механические свойства полимеров.
2. Влияние химического и физического строения полимеров на их свойства.
3. Строение аморфных областей и их влияние на процесс механодеструкции.

**Тест №4.** Тема: «Современные методы изучения строения и свойств полимеров»

*Пример*

1. Расскажите об экспериментальных методах исследования структуры макромолекул в растворе.
2. ИК- спектроскопия полимеров. Особенности метода.
3. РАМАН и УФ – спектроскопия. Специфика методов и задачи, решаемые с их применением.
4. Электронный и ядерный парамагнитный резонансы. Сущность методов, аппаратура, области применения. Метод спиновой метки. ЯМР высокого и низкого разрешения.
5. Теплофизические методы. Дилатометрия. Дифференциальный термический анализ. Калориметрические методы.
6. Масс-спектрометрия. Сущность метода, аппаратура, области применения. Хромато-масс-спектрометрия.
7. Рентгеноструктурный анализ полимеров. Изучение размеров и ориентации упорядоченных областей кристаллических полимеров. Большие периоды в полимерах.
8. Оптическая и электронная микроскопия.

**Тест №5.** Тема: «Высокие технологии в полимерах»

*Пример*

1. Что такое нанокompозиты? Структура и их свойства.

2. Нанокompозиты с новыми оптическими, электронными, магнитными, электрическими и другими функциями с применением углеродных нанотрубок, фуллеренов, графенов, металлов и оксидов металлов.
3. Гель-технология.
4. Полимеры с высокой электропроводностью.
5. Супрамолекулярная химия, супрамолекулы, молекулярные машины.

**Коллоквиум №2. Тема: «Растворы и гели полимеров. Структурные исследования и новые технологии в полимерах»**

*Пример*

**Задача 1.** Зависимость температуры вязкого течения от молекулярной массы. Аномалии вязкого течения. Формование изделий из полимеров в режиме вязкого течения.

**Задача 2.** Отличие раствора от геля. Классификация гелей. Что такое супрамолекулярный гель?

**Задача 3.** Основы метода гель-формования для создания сверхвысокопрочных полимерных волокон.

**Экзамен**

*Пример экзаменационного билета*

1. Дайте определение понятиям: полимер, макромолекула, степень полимеризации.
2. Что такое высокоэластическое состояние? Термодинамика и молекулярный механизм высокоэластической деформации.
3. ИК- спектроскопия полимеров. Особенности метода.
4. Кривые течения полимеров.

**Шкала оценивания выполнения индикаторов:**

Индикатор считается выполненным, если либо во время текущей, аттестации студент набрал как минимум пороговое количество баллов за те виды активности, которые отвечают за данный индикатор.

№	Индикатор	Текущая аттестация		Экзамен	
		Порог	Максимум	Порог	Максимум
1	ОПК-1.1 ОПК-1.2 ОПК-4.2	20	60	20	40

**Шкала и критерии выставления оценок за дисциплину:**

Шкала и критерии выставления оценок «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» и «неудовлетворительно» описаны в локальной нормативной документации Тверского государственного университета

(Положение о рейтинговой системе обучения студентов ТвГУ). Положительная оценка может быть выставлена только в том случае, если выполнены все индикаторы.

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

### **1. Рекомендуемая литература**

#### ***а) Основная литература:***

1. Тагер А.А. Физико-химия полимеров. 2007. 4-е изд., перераб. и доп. Учеб. пособие для хим. фак. ун-тов / А. А. Тагер; под ред. А. А. Аскадского. - М. : Научный мир, 2007. - 573с.

<http://turbobit.net/7u9kxwwqampy.html>.

2. Пахомов П.М. Основы физики и химии полимеров. 2016. 163 с. Тверь: ТвГУ (имеется в библиотеке ТвГУ).

#### ***б) Дополнительная литература:***

1. Высокмолекулярные соединения : учебник и практикум для академического бакалавриата / под ред. А. Б. Зезина. – М.: Издательство Юрайт, 2016. – 340 с. – Серия : Бакалавр. Академический курс; ISBN 978-5-9916-5603-0. То же [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://nashol.com/2017022893334/visokomolekulyarnie-soedineniya-zezina-a-b-2016.html>

2. Киреев В.В. Высокмолекулярные соединения : учебник для бакалавров. – М.: Издательство Юрайт, 2013. – 602 с. – Серия : Бакалавр. Углубленный курс. ISBN 978-5-9916-2280-6. Режим доступа: [http://static.ozone.ru/multimedia/book\\_file/1009501915.pdf](http://static.ozone.ru/multimedia/book_file/1009501915.pdf).

### **2. Программное обеспечение**

а) Лицензионное программное обеспечение:

- Microsoft Office профессиональный плюс 2013
- Microsoft Windows 10 Enterprise
- HyperChem
- Origin 8.1
- ISISDraw 2.4 Standalone

б) Свободно распространяемое программное обеспечение  
Google Chrome

### **3. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы**

- ЭБС «ZNANIUM.COM» [www.znanium.com](http://www.znanium.com);
- ЭБС «Университетская библиотека онлайн» <https://biblioclub.ru/>;
- ЭБС «Лань» <http://e.lanbook.com>



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

1. Виртуальная образовательная среда ТвГУ (<http://moodle.tversu.ru>)

2. Научная библиотека ТвГУ (<http://library.tversu.ru>)

- <http://library.tversu.ru>
- <http://www.iprbookshop.ru/>
- <https://biblioclub.ru/>
- <https://www.nature.com/>  
<https://rd.springer.com/>

#### **VI. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины:**

##### **Учебная программа дисциплины «Структура и свойства полимеров»**

###### **Тема 1. ВВЕДЕНИЕ**

Основные понятия и определения: полимер, олигомер, макромолекула, мономерное звено, степень полимеризации, контурная длина цепи. Роль полимеров в живой природе и их значение как промышленных материалов (пластмассы, каучуки, волокна и пленки, покрытия, клеи). Предмет и задачи науки о высокомолекулярных соединениях (полимерах). Ее роль в научно-техническом прогрессе и основные исторические этапы ее развития.

###### **Тема 2. КЛАССИФИКАЦИЯ ПОЛИМЕРОВ**

Основные принципы (типы) классификации полимеров: по происхождению, химическому составу, строению основной цепи, способу получения (синтетических) и природе атомов основной цепи. Природные и синтетические полимеры. Органические, элементоорганические и неорганические полимеры. Линейные, разветвленные, лестничные и сшитые полимеры. Гомополимеры и сополимеры. Классификация сополимеров по внутримолекулярному распределению мономерных звеньев: статистические, чередующиеся, блок-сополимеры, привитые сополимеры. Гомоцепные и гетероцепные полимеры.

###### **Тема 3. ХИМИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ И ФИЗИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА**

Структура и основные физические свойства полимерных тел. Внутримолекулярное вращение и гибкость макромолекулы. Количественные характеристики гибкости макромолекул (среднеквадратичное расстояние между концами цепи, радиус инерции макромолекулы, статистический сегмент, степень свернутости макромолекулы). Свободно-сочлененная цепь как идеализированная модель гибкой макромолекулы. Функция распределения расстояний между концами свободно-сочлененной цепи (гауссовы клубки). Связь гибкости (жесткости) макромолекул с их химическим строением: факторы, влияющие на гибкость реальных цепей. Особенности молекулярного строения полимеров и принципы упаковки макромолекул.

###### **Тема 4. МОРФОЛОГИЯ ПОЛИМЕРОВ**

Аморфные и кристаллические полимеры. Условия, необходимые для кристаллизации полимеров. Температура кристаллизации и температура плавления. Структура и надмолекулярная организация кристаллических полимеров. Различия и сходство в структурной организации кристаллических и аморфных полимеров. Термотропные жидкокристаллические (мезоморфные) полимеры.

#### Тема 5. ФАЗОВЫЕ ПЕРЕХОДЫ

Фазовые переходы, механизм кристаллизации и плавления кристаллов. Влияние структуры и внешних воздействий на фазовые переходы.

#### Тема 6. ФИЗИЧЕСКИЕ СОСТОЯНИЯ

Высокоэластическое состояние. Термодинамика и молекулярный механизм высокоэластической деформации. Энтропийная природа высокоэластичности. Связь между равновесной упругой силой и удлинением. Нижний предел молекулярных масс, необходимых для проявления высокоэластичности. Релаксационные явления в полимерах. Механические и диэлектрические потери. Принцип температурно-временной суперпозиции. Стеклообразное состояние. Особенности полимерных стекол. Вынужденная эластичность и изотермы растяжения. Механизм вынужденно-эластической деформации. Предел вынужденной эластичности. Хрупкость полимеров. Вязкотекучее состояние. Механизм вязкого течения. Кривые течения полимеров. Зависимость температуры вязкого течения от молекулярной массы. Аномалии вязкого течения. Формование изделий из полимеров на режиме вязкого течения.

#### Тема 7. КИНЕТИЧЕСКАЯ ПРИРОДА ПРОЧНОСТИ

Физико-механические свойства полимеров. Деформационные свойства. Напряжение, деформация и упругость. Обобщенная форма закона Гука, измерение модулей упругости. Идеальное пластическое тело, процесс развития пластических деформаций. Влияние гидростатического давления, температуры и скорости деформации на предел текучести. Межатомное взаимодействие в полимерах. Динамика и энергетика растяжения отдельной межатомной связи и цепной макромолекулы. Понятие о теоретической прочности полимеров. Основные теории прочности: Орована, Гриффитса, термофлуктуационная, релаксационная. Долговечность. Кинетическая теория разрушения. Особенности разрушения твердых полимеров и эластомеров. Механизм пластического и хрупкого разрушения. Образование микротрещин. Распространение трещин. Статическая и динамическая усталость.

#### Тема 8. РАСТВОРЫ, ГЕЛИ, ЖИДКИЕ КРИСТАЛЛЫ

Концентрированные растворы полимеров и гели. Ассоциация макромолекул в концентрированных растворах и структурообразование. Жидкокристаллическое состояние жесткоцепных полимеров. Лиотропные жидкокристаллические системы и их фазовые диаграммы. Особенности реологических и механических свойств концентрированных растворов.

#### Тема 9. СТРУКТУРНАЯ ОБУСЛОВЛЕННОСТЬ СВОЙСТВ ПОЛИМЕРОВ



Пластификация полимеров. Правила объемных и молярных долей. Полимераналогичные превращения и внутримолекулярные реакции. Деструкция полимеров. Различные механизмы деструкции. Принципы стабилизации полимеров. Сшивание полимеров. Модифицирование полимерных материалов посредством химических реакций макромолекул. Синтез привитых и блок-сополимеров.

Влияние строения на свойства полимеров. Влияние концевых групп на свойства полимеров. Влияние заместителей.

#### Тема 10. СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ИЗУЧЕНИЯ ПОЛИМЕРОВ

Экспериментальные методы исследования структуры макромолекул в растворе (вискозиметрия, светорассеяние, седиментация, двойное лучепреломление).

Спектроскопия полимеров: ИК, КР, УФ, РАМАН. Специфика методов и задачи, решаемые с их применением.

Флуоресцентный анализ полимеров.

Электронный и ядерный парамагнитный резонансы. Сущность методов, аппаратура, области применения. Метод спиновой метки. ЯМР высокого и низкого разрешения.

Теплофизические методы. Дилатометрия. Дифференциальный термический анализ. Калориметрические методы.

Масс-спектрометрия. Сущность метода, аппаратура, области применения. Времяпролетная масс-спектрометрия.

Рентгеноструктурный анализ полимеров. Изучение размеров и ориентации упорядоченных областей кристаллических полимеров. Большие периоды в полимерах. Специфика исследования смесей полимеров.

Оптическая и электронная микроскопия.

Физико-механические методы. Термомеханический метод.

#### Тема 11. ВЫСОКИЕ ТЕХНОЛОГИИ

Наноконпозиты. Наполнители с нанометровым размерным размером частиц. Структура и свойства наноконпозитов. Наноконпозиты с новыми оптическими, электронными, магнитными, электрическими и другими функциями с применением углеродных нанотрубок, фуллеренов, металлов и оксидов металлов. Гель-технология. Техника получения высокоупорядоченных пленок Ленгмюра-Блоджетт.

#### Вопросы для подготовки к экзамену

1. Дайте определение понятиям полимер, макромолекула, степень полимеризации.
2. Дайте определение понятиям олигомер, мономерное звено, контурная длина.
3. Назовите особенности химического строения полимеров.
4. Дайте количественные характеристики гибкости макромолекул.
5. Дайте характеристику свободно-сочлененной цепи. Дайте определение гауссову клубку. Функция распределения расстояний между концами свободно-сочлененной цепи.

6. Назовите принципы упаковки макромолекул.
7. Назовите условия, необходимые для кристаллизации полимеров.
8. Как определяются температура кристаллизации и плавления?
9. Механизм и кинетика кристаллизации.
10. Плавление.
11. Высокоэластическое состояние. Термодинамика и молекулярный механизм высокоэластической деформации.
12. Энтропийная природа высокоэластичности.
13. Связь между равновесной упругой силой и удлинением.
14. Релаксационные явления в полимерах. Механические и диэлектрические потери.
15. Принцип температурно-временной суперпозиции.
16. Стеклообразное состояние. Особенности полимерных стекол.
17. Вынужденная эластичность и изотермы растяжения.
18. Механизм вынужденно-эластической деформации. Предел вынужденной эластичности. Хрупкость полимеров.
19. Вязкотекучее состояние. Механизм вязкого течения. Кривые течения полимеров.
20. Зависимость температуры вязкого течения от молекулярной массы. Аномалии вязкого течения. Формование изделий из полимеров на режиме вязкого течения.
21. Физико-механические свойства полимеров.
22. Напряжение, деформация и упругость. Обобщенная форма закона Гука, измерение модулей упругости.
23. Идеальное пластическое тело, процесс развития пластических деформаций.
24. Влияние гидростатического давления, температуры и скорости деформации на предел текучести.
25. Межатомное взаимодействие в полимерах. Динамика и энергетика растяжения отдельной межатомной связи и цепной макромолекулы.
26. Понятие о теоретической прочности полимеров. Основные теории прочности: Орована, Гриффитса, термофлуктуационная, релаксационная.
27. Долговечность. Особенности разрушения твердых полимеров и эластомеров. Механизм пластического и хрупкого разрушения.
28. Образование микротрещин. Распространение трещин. Статическая и динамическая усталость.
29. Сходство и различие истинных и коллоидного растворов.
30. Полимерный гель.
31. Жидкокристаллическое состояние жесткоцепных полимеров.
32. Расскажите о механических свойствах полимеров и их влияние на структуру.
33. Расскажите о диффузионных свойствах полимеров и их влияние на структуру.
34. Расскажите о тепловых свойствах полимеров и их влияние на структуру.

35. Расскажите об оптических свойствах полимеров и их влияние на структуру.
36. Расскажите об экспериментальных методах исследования структуры макромолекул в растворе.
37. ИК- спектроскопия полимеров. Особенности метода.
38. КР, РАМАН и УФ – спектроскопия. Специфика методов и задачи, решаемые с их применением.
39. Электронный и ядерный парамагнитный резонансы. Сущность методов, аппаратура, области применения. Метод спиновой метки. ЯМР высокого и низкого разрешения.
40. Теплофизические методы. Дилатометрия. Дифференциальный термический анализ. Калориметрические методы.
41. Масс-спектроскопия. Сущность метода, аппаратура, области применения. Времяпролетная масс-спектрометрия.
42. Рентгеноструктурный анализ полимеров. Изучение размеров и ориентации упорядоченных областей кристаллических полимеров. Большие периоды в полимерах. Специфика исследования смесей полимеров.
43. Флуоресцентный анализ полимеров.
44. Оптическая и электронная микроскопия.
45. Физико-механические методы. Термомеханический метод.
46. Что такое нанокompозиты? Структура и их свойства.
47. Нанокompозиты с новыми оптическими, электронными, магнитными, электрическими и другими функциями с применением углеродных нанотрубок, фуллеренов, металлов и оксидов металлов.
48. Гель-технология.

## **VII. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине:**

1. Лаборатория спектроскопии, оснащенная современным оборудованием по ИК и УФ спектроскопии, динамическому светорассеянию, вибрационной вискозиметрии, оптической микроскопии, а также компьютерами с выходом в Internet.
2. Таблицы, схемы, рисунки, фото.
3. Компьютерный кластер, позволяющий проводить квантово-механические расчеты и молекулярное моделирование полимерных систем.
4. Раздаточный материал по наиболее важным темам курса.
5. Демонстрационный материал на слайдах по темам дисциплины.
6. Учебная аудитория с мультимедийной установкой
7. Компьютерный класс.

### **VIII. Сведения об обновлении рабочей программы дисциплины**

№п.п.	Обновленный раздел рабочей программы дисциплины	Описание внесенных изменений	Реквизиты документа, утвердившего изменения
1.	Раздел V. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины	Добавлены новые пособия в основной список литературы	Протокол №11 от 28.04.21г. заседания ученого совета химико-технологического факультета
2.			