

УТВЕРЖДАЮ  
Первый проректор, проректор  
по УР

\_\_\_\_\_ А.Е. Рудин

## Рабочая программа дисциплины

**ФТД.02**

Фазовые превращения в полимерных системах

Учебный план: 2025-2026 18.04.01 ИПХиЭ ТППиКМ ОО №2-1-96.plx

Кафедра: **54** Химических технологий им. проф. А.А. Хархарова

Направление подготовки:  
(специальность) 18.04.01 Химическая технология

Профиль подготовки:  
(специализация) Технология получения полимерных композиционных и  
наноконпозиционных материалов

Уровень образования: магистратура

Форма обучения: очная

### План учебного процесса

Семестр (курс для ЗАО)	Контактная работа обучающихся		Сам. работа	Контроль, час.	Трудоё мкость, ЗЕТ	Форма промежуточной аттестации
	Лекции	Практ. занятия				
2	УП	17	17	37,75	0,25	Зачет
	РПД	17	17	37,75	0,25	
Итого	УП	17	17	37,75	0,25	
	РПД	17	17	37,75	0,25	

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 18.04.01 Химическая технология, утверждённым приказом Минобрнауки России от 07.08.2020 г. № 910

Составитель (и):

доктор технических наук, Профессор

\_\_\_\_\_

Дянкова Тамара Юрьевна

От кафедры составителя:

Заведующий кафедрой химических технологий им.  
проф. а.а. хархарова

\_\_\_\_\_

Сашина Елена Сергеевна

От выпускающей кафедры:

Заведующий кафедрой

\_\_\_\_\_

Асташкина Ольга  
Владимировна

Методический отдел:

\_\_\_\_\_

## 1 ВВЕДЕНИЕ К РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЕ ДИСЦИПЛИНЫ

**1.1 Цель дисциплины:** Сформировать компетенции для профессиональной деятельности в области совершенствования технологии и оборудования в процессах химической переработки полимерных материалов.

### 1.2 Задачи дисциплины:

Рассмотреть фазово-агрегатные состояния в полимерах (расплав, раствор, кристалл, гель, жидкий кристалл) и структурную обусловленность механических, диффузионных, тепловых, оптических и других свойств полимеров.

- Проанализировать связи «структура – свойство» в полимерах на макро - и микроуровнях.
- Познакомить с современными методами изучения структуры и свойств полимеров.
- Обсудить тенденции и направления в области создания сверхвысокопрочных полимерных волокон, полимерных световодов, молекулярных композитов, полимерных мембран и др.
- Познакомить со способами придания волокнистому материалу и изделию требуемых функциональных свойств, колористического оформления и методами оценки их эффективности.
- Раскрыть единство и связь технологических процессов текстильной технологии, их влияние на качество выпускаемой продукции.
- Рассмотреть свойства волокон, определяющие поведение в условиях процессов отделки.
- Показать возможные пути совершенствования технологических процессов подготовки, крашения, печатания и заключительной отделки волокнистых, в том числе текстильных материалов.

### 1.3 Требования к предварительной подготовке обучающегося:

Предварительная подготовка предполагает создание основы для формирования компетенций, указанных в п. 2, при изучении дисциплин:

Процессы массопереноса в системах с участием твердой фазы

Физико-химия наноструктурных наполнителей для полимерных композиционных материалов

Физико-химические основы получения полимерных композиционных и нанокomпозиционных материалов

Учебная практика (научно-исследовательская работа (получение первичных навыков научно-исследовательской работы))

## 2 КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**ПК-3: Способен организовывать опытно-конструкторские и внедренческие работы в области технологий полимерных композиционных и нанокomпозиционных материалов**

**Знать:** основы фазовых превращений в полимерных системах.

**Уметь:** использовать знания о фазовых превращениях в полимерных системах при переработке полимеров, в том числе нано-, в изделия в лабораторных условиях и на опытно-промышленном производстве.

**Владеть:** методами переработки полимерных материалов в изделия в лабораторных условиях и на опытно-промышленном производстве, исходя из знаний основ фазовых превращений.

### 3 РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Наименование и содержание разделов, тем и учебных занятий	Семестр (курс для ЗАО)	Контактная работа		СР (часы)	Инновац. формы занятий	Форма текущего контроля
		Лек. (часы)	Пр. (часы)			
Раздел 1. Связь структуры волокнообразующего полимера с сорбционной активностью						
Тема 1. Макромолекулярная структура волокнистых материалов. Линейность строения и гибкость структуры полимеров. Поперечно сшитые полимеры надмолекулярное строение кератина. Активность волокнообразующего полимера. Гидрофильность, лиофильность, сорбционная активность полимера. Изменение подвижности структурных элементов волокна под действием органических растворителей. Практическое занятие: Составить алгоритм определения состава мономеров волокнообразующего полимера по данным ДТА образцов		2	2	4	НИ	
Тема 2. Особенности надмолекулярной структуры волокон. Степень кристалличности волокнообразующих полимеров. Глобулярная, пачечная и мицеллярная концепции строения фибрилл. Структура природной и регенерированной целлюлозы. Формы и размеры кристаллических образований. Аморфные зоны и дефекты структуры. Методы изучения кристаллической структуры волокон. Практическое занятие: Построение фазовых диаграмм систем полимер-растворитель. Построение фазовых диаграмм аморфных систем полимер-растворитель Построение фазовой диаграммы системы кристаллический полимер – растворитель.	2	2	2	4	НИ	С

<p>Тема 3. Пористая структура полимеров волокна. Связь структуры пор с работоспособностью волокнистого материала. Структура пор набухшей и сухой целлюлозы. Субмикроскопическая дефектность синтетических волокон. Методы определения объема и поверхности пор. Сравнительные данные о величинах внутренней поверхности и сорбционной способности природных и химических волокон, гидрофильных и гидрофобных полимеров. Факторы, определяющие электрокинетические свойства поверхности элементарных волокон. Примеры влияния дзета-потенциала на направление реакций и факторы управления процессом сорбция-десорбция в условиях термодинамического равновесия. Методы определения величины и знака заряда поверхности волокна в водных растворах. Практическое занятие: Построение фазовой диаграммы системы жидкокристаллический полимер – растворитель</p>	2	2	4	НИ	
<p>Тема 4. Характер структурных изменений, происходящих в волокне в процессах сухого высокотемпературного прогрева. Кинетика изменения степени полимеризации целлюлозы под влиянием сухого высокотемпературного прогрева. Влияние водяного пара на изменение свойств в процессах высокотемпературного старения. Изменение сорбционной активности волокнообразующего полимера под действием тепловой обработки. Практическое занятие: Определение температурных интервалов фазовых превращений полимеров методом ДТА.</p>	2	2	4	НИ	
<p>Раздел 2. Изменения функциональных свойств полимерных систем, сопровождающие фазовые переходы</p>					
<p>Тема 5. Изучение фазовых переходов модифицированных волокон с применением методов дифференциального термического анализа. Определение значение энергий фазовых переходов волокнообразующих волокон по кривым энтальпии. Рассчеты, связанные с процессами структурирования полимера под действием красителей и текстильно-вспомогательных веществ. Практическое занятие: Изучение фазовых состояний полимеров.</p>	2	1	4	НИ	О,С

<p>Тема 6. Состояние аморфных полимеров: застеклованное, высокоэластическое, вязкотекучее. Анализ термомеханических кривых. Поведение волокон при малых нагрузках, влияние агрессивных агентов. Вынужденно-эластическая деформация. Влияние механического напряжения, температуры, продолжительности и длительности воздействия. Массоперенос красителей и ТВВ в во-локнообразующих полимерах в условиях действия растягивающей осевой нагрузки. Практическое занятие: Определение температур фазовых переходов волокнообразующего полимера.</p>		2	2	4	НИ	
<p>Тема 7. Факторы управления процессами модификации волокнистых материалов для получения заданного уровня комплекса функциональных свойств. Повышение термо-огнестойкости волокнообразующего полимера. Виды химических связей и физико-химических взаимодействий между красителем и волокном. Возможности физической и химической модификации полимера. Примеры влияния модифицирующей обработки на фазовые переходы полимера волокна. Практическое занятие: Определение интервалов расстекловывания волокнообразующих полимеров.</p>		2	2	4	НИ	
<p>Тема 8. Влияние текстильно-вспомогательных веществ в процессах отделки. Прогнозирование потребительских свойств волокнистого материала в много-факторном многокритериальном эксперименте. Основные положения теории необратимых процессов. Выбор движущих сил потоков вещества и энергии. Скорость изменения энтропии системы как критерий эффективности процесса модификации полимеров. Практическое занятие: Сравнение термостойкости исходного и модифицированного волокон.</p>		2	2	4	НИ	
<p>Тема 9. Скорость массопереноса в равновесных и неравновесных системах. Составление матрицы планирования эксперимента. Метод нейросетевого моделирования. Практические задачи в проектировании технологических процессов крашения и отделки волокнистых материалов. Практическое занятие: Анализ гравиметрической кривой и энтальпии дериватограмм термоокислительной деструкции полимера неизвестной химической природы</p>		1	2	5,75	НИ	
Итого в семестре (на курсе для ЗАО)		17	17	37,75		
Консультации и промежуточная аттестация (Зачет)		0,25				
<b>Всего контактная работа и СР по дисциплине</b>		34,25		37,75		

#### 4 КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

Курсовое проектирование учебным планом не предусмотрено

#### 5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

##### 5.1 Описание показателей, критериев и системы оценивания результатов обучения

###### 5.1.1 Показатели оценивания

Код компетенции	Показатели оценивания результатов обучения	Наименование оценочного средства
ПК-3	Перечисляет основные классы полимеров и сферы применения; описывает влияние строения полимеров на их характеристики, фазовые переходы в растворах и расплавах, специфические особенности поведения полимеров различного назначения. Анализирует состояние полимеров в растворах и расплавах в зависимости от строения, структурных, в том числе нано-структурных, особенностей; предлагает пути реализации фазовых превращений полимерных систем в изделия на лабораторном и полупромышленном оборудовании. Производит формование полимерных изделий путем реализации фазовых превращений на лабораторном оборудовании и пилотных установках.	Вопросы устного собеседования.  Практико-ориентированные задания

###### 5.1.2 Система и критерии оценивания

Шкала оценивания	Критерии оценивания сформированности компетенций	
	Устное собеседование	Письменная работа
Зачтено	Ответ содержит всесторонние, глубокие знания. У обучающегося сформированы компетенции в области фазовых превращений в полимерных системах.	
Не зачтено	Ответ содержит принципиальные ошибки, и компетенции в области фазовых превращений в полимерных системах не сформированы.	

##### 5.2 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

###### 5.2.1 Перечень контрольных вопросов

№ п/п	Формулировки вопросов
Семестр 2	
1	Определение понятиям полимер, макромолекула, степень полимеризации, олигомер, мономерное звено, контурная длина. Особенности химического строения полимеров.
2	Количественные характеристики гибкости макромолекул. Характеристику свободно-сочлененной цепи. Определение гауссову клубку. Функция распределения расстояний между концами свободно-сочлененной цепи.
3	Принципы упаковки макромолекул. Назовите условия, необходимые для кристаллизации полимеров.
4	Как определяются температура кристаллизации и плавления? Механизм и кинетика кристаллизации. Плавление.
5	Высокоэластическое состояние. Термодинамика и молекулярный механизм высокоэластической деформации. Энтропийная природа высокоэластичности.
6	Связь между равновесной упругой силой и удлинением.
7	Релаксационные явления в полимерах. Механические и диэлектрические потери.
8	Вынужденная эластичность и изотермы растяжения. Механизм вынужденно-эластической деформации. Предел вынужденной эластичности. Хрупкость полимеров.
9	Принцип температурно-временной суперпозиции. Стеклообразное состояние. Особенности полимерных стекол.
10	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.

11	Физико-механические свойства полимеров. 22. Напряжение, деформация и упругость. Обобщенная форма закона Гука, измерение модулей упругости.
12	Идеальное пластическое тело, процесс развития пластических деформаций. Влияние гидростатического давления, температуры и скорости деформации на предел текучести.
13	Межатомное взаимодействие в полимерах. Динамика и энергетика растяжения отдельной межатомной связи и цепной макромолекулы.
14	Понятие о теоретической прочности полимеров. Основные теории прочности: Орована, Гриффитса, термофлуктуационная, релаксационная. Долговечность. Особенности разрушения твердых полимеров и эластомеров. Механизм пластического и хрупкого разрушения. Образование микротрещин. Распространение трещин. Статическая и динамическая усталость.
15	Сходство и различие истинных и коллоидного растворов. Полимерный гель. Жидкокристаллическое состояние жесткоцепных полимеров.
16	Механические свойства полимеров и их влияние на структуру.
17	Диффузионные свойства полимеров и их влияние на структуру
18	Тепловые свойства полимеров и их влияние на структуру.
19	Экспериментальные методы исследования структуры макромолекул в растворе.
20	Техника получения высокоупорядоченных пленок Ленгмюра-Блоджетт.

### 5.2.2 Типовые тестовые задания

Не предусмотрены

### 5.2.3 Типовые практико-ориентированные задания (задачи, кейсы)

1. Идентифицировать образцы волокон. Показать различие в структуре и свойствах полимеров волокон. Классифицировать волокна по следующим признакам: линейность; термопластичность; жёсткость (или гиб-кость) структуры; наличие в элементарном звене гетероатома; гидрофильность.
2. Определить сходство и различие волокнообразующих полимеров одинаковой химической природы и отличающихся строением макромолекул (линейность, гибкость, копланарность) и надмолекулярной структурой. Охарактеризовать количественно жёсткость полимеров.
3. Определить температурные интервалы фазовых переходов образцов волокон и определить потерю массы на каждом этапе термоокислительной деструкции. Сравнить количественно величины энергий основных фазовых переходов.
4. Синтезировать полимеры и сформировать плёнки на основе низкомолекулярного конденсата и при введении в композицию связующего агента. Охарактеризовать упруго-эластические свойства образцов плёнок, сорбционную и диффузионную способность полученных полимеров.
5. С помощью весового метода и дериватограмм рассчитать затраты тепла эндо- и экзотермических процессов, сопровождающих изменения фазового состояния полимера.

## 5.3 Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, владений (навыков и (или) практического опыта деятельности)

### 5.3.1 Условия допуска обучающегося к промежуточной аттестации и порядок ликвидации академической задолженности

Проведение промежуточной аттестации регламентировано локальным нормативным актом СПбГУПТД «Положение о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся»

### 5.3.2 Форма проведения промежуточной аттестации по дисциплине

Устная

 +

Письменная

Компьютерное тестирование

Иная

### 5.3.3 Особенности проведения промежуточной аттестации по дисциплине

При проведении зачета время, отводимое на подготовку к ответу, составляет не более 30 мин. В это время входит подготовка ответа на теоретический вопрос и выполнение практических заданий. Для выполнения практического задания обучающемуся предоставляется возможность пользоваться калькулятором. К промежуточной аттестации допускаются студенты, прошедшие все формы текущего контроля по разделам дисциплины. Сообщение результатов обучающемуся производится непосредственно после устного ответа.

## 6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 6.1 Учебная литература

Автор	Заглавие	Издательство	Год издания	Ссылка
<b>6.1.1 Основная учебная литература</b>				

Дянкова Т. Ю., Семешко О. Я.	Химическая технология облагораживания текстильных изделий. Ч 2. Крашение в неводных средах	СПб.: СПбГУПТД	2015	<a href="http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=3353">http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=3353</a>
Дянкова Т. Ю.	Фазовые превращения в полимерных системах	СПб.: СПбГУПТД	2018	<a href="http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=2018159">http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=2018159</a>
<b>6.1.2 Дополнительная учебная литература</b>				
Тихомирова Н. А.	Основы текстильного цветоведения и колористика	СПб.: СПбГУПТД	2014	<a href="http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=2047">http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=2047</a>
Буринская А. А.	Химическая технология текстильных материалов. Часть 1. Строение, свойства, теория и технология подготовки текстильных материалов	СПб.: СПбГУПТД	2014	<a href="http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=1995">http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=1995</a>

## 6.2 Перечень профессиональных баз данных и информационно-справочных систем

Электронный каталог библиотеки СПбГУПТД <http://publish.sutd.ru/>

Электронно-библиотечная система eLibrary. <http://elibrary.ru>

Реферативная и справочная база данных рецензируемой литературы Scopus: <https://www.scopus.com>

Международные реферативные базы данных научных изданий

Реферативная и справочная база данных рецензируемой литературы Scopus: <https://www.scopus.com>

## 6.3 Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения

MicrosoftOfficeProfessional

Microsoft Windows

## 6.4 Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Для проведения практических занятий используются компьютерный класс и учебная аудитория, оснащенная приборами и оборудованием, справочными материалами для выполнения расчетных заданий.

Аудитория	Оснащение
Компьютерный класс	Мультимедийное оборудование, компьютерная техника с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду
Лекционная аудитория	Мультимедийное оборудование, специализированная мебель, доска
Учебная аудитория	Специализированная мебель, доска