

МИНПРОСВЕЩЕНИЯ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
"Тульский государственный педагогический университет им. Л.Н. Толстого"  
(ФГБОУ ВО "ТГПУ им. Л.Н. Толстого")

**ОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ, ХИМИЯ ПОЛИМЕРОВ**  
**Химия высокомолекулярных соединений**

рабочая программа дисциплины (модуля)

Закреплена за кафедрой	кафедра химии
ОПОП	Направление 04.03.01 Химия направленность (профиль) Медицинская и фармацевтическая химия
Квалификация	Бакалавр
Год начала подготовки	2021
Форма обучения	очная
Общая трудоемкость	2 з.е.

Виды контроля по семестрам:  
зачет 7

Семестр(Курс.Номер семестра на курсе)	7(4.1)		Итого	
	УП	РПД	УП	РПД
Лекции	14	14	14	14
Лабораторные	26	26	26	26
Итого ауд.	40	40	40	40
КСР	4	4	4	4
Контактная работа	44	44	44	44
Сам. работа	28	28	28	28
Часы на контроль	0	0	0	0
Практическая подготовка	0	0	0	0
Семинары	0	0	0	0
Консультации	0	0	0	0
Итого трудоемкость в часах	72	72	72	72

Программу составил(и):

*д.х.н., профессор, Субботин В.А.; д.х.н., профессор, Атроценко Ю.М.*

Рабочая программа дисциплины

**Химия высокомолекулярных соединений**

разработана в соответствии с ФГОС:

Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования - бакалавриат по направлению подготовки 04.03.01 Химия (приказ Минобрнауки России от 17.07.2017 г. № 671)

составлена на основании учебного плана:

Направление 04.03.01 Химия

направленность (профиль) Медицинская и фармацевтическая химия

утвержденного Учёным советом вуза от 30.03.2021 протокол № 4.

РПД утверждена Учёным советом университета

протокол от 30.3.2021 г. № 4

### 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения учебной дисциплины «Химия высокомолекулярных соединений» является - сформировать у студентов, будущих химиков-экспертов, основные понятия о высокомолекулярных соединениях, знакомство с теоретическими основами их получения, свойствами, областями применения, а также рассмотрение на этой основе некоторых технологий производства ряда важнейших полимерных продуктов

### 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП

Цикл (раздел) ООП:	Б1.О.11
<b>2.1</b>	<b>Требования к предварительной подготовке обучающегося:</b>
1.	Изучение данной дисциплины базируется на освоении студентами таких дисциплин, как «Химическая технология», «Органическая химия»
2.	Биологически активные вещества
3.	Методы анализа лекарственных веществ
4.	Органическая химия
5.	Основы медицинской химии
6.	Основы нанохимии
7.	Основы фармацевтической химии
8.	Коллоидная химия
9.	Основы токсикологической химии
10.	Основы фармакогнозии
11.	Физико-химические методы анализа
12.	Физическая химия
13.	Аналитическая химия
14.	Неорганический синтез
15.	Химическая экспертиза
16.	Экологическая безопасность
17.	Неорганические лекарственные вещества
18.	Общая и неорганическая химия
19.	Строение молекул и основы квантовой химии
20.	ознакомительная практика
21.	Хеометрика
22.	История и методология химии
23.	Основы микробиологии
24.	Химия наночастиц
<b>2.2</b>	<b>Дисциплины и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:</b>
1.	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы
2.	Молекулярная биология
3.	преддипломная практика

### 3. СООТНЕСЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ) С ИНДИКАТОРАМИ ДОСТИЖЕНИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ

#### 3.1 Компетенции обучающегося и индикаторы их достижения:

ОПК-1: Способен анализировать и интерпретировать результаты химических экспериментов, наблюдений и измерений	
ОПК-1.1	Систематизирует и анализирует результаты химических экспериментов, наблюдений, измерений, а также результаты расчетов свойств веществ и материалов
	Систематизирует и анализирует результаты химических экспериментов, наблюдений, измерений, а также результаты расчетов свойств веществ и материалов
ОПК-1.2	Предлагает интерпретацию результатов собственных экспериментов и расчетно-теоретических работ с использованием теоретических основ традиционных и новых разделов химии
	Предлагает интерпретацию результатов собственных экспериментов и расчетно-теоретических работ с использованием теоретических основ традиционных и новых разделов химии
ОПК-1.3	Формулирует заключения и выводы по результатам анализа литературных данных, собственных экспериментальных и расчетно-теоретических работ химической направленности
	Формулирует заключения и выводы по результатам анализа литературных данных, собственных экспериментальных и расчетно-теоретических работ химической направленности

ОПК-2: Способен проводить с соблюдением норм техники безопасности химический эксперимент, включая синтез, анализ, изучение структуры и свойств веществ и материалов, исследование процессов с их участием	
ОПК-2.1	Работает с химическими веществами с соблюдением норм техники безопасности
Работает с химическими веществами с соблюдением норм техники безопасности	
ОПК-2.2	Проводит синтез веществ и материалов разной природы с использованием имеющихся методик
Проводит синтез веществ и материалов разной природы с использованием имеющихся методик	
ОПК-2.3	Проводит стандартные операции для определения химического и фазового состава веществ и материалов на их основе
Проводит стандартные операции для определения химического и фазового состава веществ и материалов на их основе	
ОПК-2.4	Проводит исследования свойств веществ и материалов с использованием серийного научного оборудования
Проводит исследования свойств веществ и материалов с использованием серийного научного оборудования	
ПК-1: Способен применять фундаментальные знания химии для решения профессиональных задач разного уровня	
ПК-1.1	Применяет на практике фундаментальные знания из различных областей химии
Применяет на практике фундаментальные знания из различных областей химии	
<b>3.2 Результаты обучения по дисциплине:</b>	
<b>В результате освоения дисциплины обучающийся должен:</b>	
	<b>Знать:</b>
3.1	- Теоретические основы химии высокомолекулярных соединений и их роль в системе научных знаний
	<b>Уметь:</b>
У.1	- Применять знания о свойствах мономеров для прогнозирования синтеза полимеров
	<b>Владеть:</b>
В.1	- Систематизирует и анализирует результаты химических экспериментов, наблюдений, измерений, а также результаты расчетов свойств веществ и материалов
В.2	- Предлагает интерпретацию результатов собственных экспериментов и расчетно-теоретических работ с использованием теоретических основ традиционных и новых разделов химии
В.3	- Формулирует заключения и выводы по результатам анализа литературных данных, собственных экспериментальных и расчетно-теоретических работ химической направленности
В.4	- Работает с химическими веществами с соблюдением норм техники безопасности
В.5	- Проводит синтез веществ и материалов разной природы с использованием имеющихся методик
В.6	- Проводит стандартные операции для определения химического и фазового состава веществ и материалов на их основе
В.7	- Применяет на практике фундаментальные знания из различных областей химии

#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Код занятия	Наименование разделов и тем /вид занятия/ Высокомолекулярные соединения. Их значение	Семестр / Курс	Часов	Литература	Содержание
1.1	Предмет и объекты химии ВМС /Лек/	7	2	Л1.1 Л1.2	Распространение ВМС в природе. Классификация полимеров. Природные, искусственные и синтетические полимеры. Гомоцепные, гетероцепные, элементоорганические и неорганические полимеры

1.2	Правила техники безопасности /Лаб/	7	2	Л1.1 Л1.2Л2.2	<p>1. Правила безопасной работы в химических лабораториях. Общие положения. Требования безопасности при работе с кислотами, щелочами и другими едкими жидкостями.</p> <p>Правила безопасной работы с легковоспламеняющимися и горючими веществами. Требования безопасности при работе со щелочными металлами. Меры безопасности при работе со ртутью. Правила безопасной работы со стеклом и химической посудой. Правила безопасности при работе с электрооборудованием и электроприборами. Правила безопасной работы с использованием газа. Правила безопасной работы при применении вакуума.</p> <p>2. Меры первой помощи пострадавшим при отравлении химическими веществами. Первая помощь при ранении. Первая помощь при ожогах. Первая помощь при поражении электрическим током. Сердечно-легочная реанимация.</p> <p>3. О мерах пожарной безопасности. Общие положения. Первичные средства пожаротушения. Огнетушители. Вспомогательные средства.</p> <p>4. Инструкция по действиям в случае угрозы совершения террористического акта. Общие положения. Инструкция по действиям в случае обнаружения взрывных устройств или подозрительных предметов. Инструкция по эвакуации.</p>
1.3	Промышленный синтез и переработка полимеров /Ср/	7	3	Л1.1 Л1.2Л2.3 Л2.4	Тенденция в развитии науки о ВМС и промышленности полимерных материалов. Успехи в изучении химии биополимеров
1.4	КСРС /КСР/	7	4		
	<b>Основные понятия и определения химии высокомолекулярных соединений</b>				
2.1	Основные понятия и определения химии высокомолекулярных соединений /Лек/	7	2	Л1.1 Л1.2Л2.3	Полимер, олигомер, макромолекула, мономер, средняя молекулярная масса, полимеризация, степень полимеризации, период идентичности, гомополимеры, сополимеры, блоксополимеры, привитые и разветвленные полимеры
2.2	Определение средней молекулярной массы полимера и молекулярно-массового распределения /Лаб/	7	4	Л2.2	
2.3	Особенности структуры ВМС и их влияние на способ переработки полимеров /Ср/	7	1	Л1.1 Л1.2	<p>1. Пространственные и структурные формы макромолекул.</p> <p>2. Нерегулярные и регулярные полимеры.</p> <p>3. Стереорегулярные полимеры</p>
2.4	Номенклатура ВМС /Ср/	7	1	Л1.1 Л1.2	<p>1. Рациональная и систематическая, номенклатуры, основанные на химическом строении повторяющегося звена.</p> <p>2. Особенности номенклатуры сополимеров, неорганических и элементоорганических полимеров</p>
	<b>Синтез высокомолекулярных соединений</b>				

3.1	Цепные процессы образования макромолекул /Лек/	7	2	Л1.1 Л1.2	Общие механизмы цепной полимеризации. Виды цепной полимеризации. Связь между строением мономера и его способностью к полимеризации
3.2	Ионная полимеризация виниловых мономеров /Лек/	7	2	Л1.1 Л1.2	Виды ионной полимеризации. Реакционная способность мономеров в реакциях ионной полимеризации
3.3	Процессы поликонденсации /Лек/	7	2	Л1.1 Л1.2	Особенности ступенчатых поликонденсационных реакций. Классификация мономеров для поликонденсации. Типы и характер реакций поликонденсации. Равновесная и неравновесная поликонденсация
3.4	Фотополимеризация метилметакрилата /Лаб/	7	4	Л2.2	
3.5	Полимеризация стирола в массе при различных концентрациях инициатора /Лаб/	7	4	Л2.2	
3.6	Катионная полимеризация $\alpha$ -метилстирола, иницированная серной кислотой /Лаб/	7	4	Л2.2	
3.7	Методы синтеза ВМС из низкомолекулярных соединений. Реакции образования макромолекул: цепные и ступенчатые /Ср/	7	2	Л1.1 Л1.2Л2.3	Мономеры – реагенты для синтеза ВМС. Функциональность и классификация мономеров. Радикально-цепная полимеризация виниловых мономеров. Механизм реакции. Методы инициирования свободно-радикальных реакций полимеризации. Реакции развития и обрыва цепей. Особенности полимеризации при глубоких степенях превращения. Гель-эффект. Реакции передачи цепи. Регуляторы роста цепи и ингибиторы. Влияние различных факторов на скорость полимеризации, молекулярную массу образующегося полимера и его молекулярно-массовое распределение
3.8	Типы ионной полимеризации /Ср/	7	2	Л1.1 Л1.2Л2.4	<p>1. Катионная полимеризация. Типы катализаторов. Роль сокатализаторов. Механизм процесса. Реакции передачи цепи. Кинетика катионной полимеризации. Влияние условий проведения реакции, природы растворителя и противоиона на скорость полимеризации и молекулярную массу образующегося полимера. Ингибирование полимеризации.</p> <p>2. Анионная полимеризация. Типы катализаторов. Механизм анионной полимеризации. Типы инициаторов. Особенности обрыва цепи при анионной полимеризации. Влияние среды на реакции анионной полимеризации.</p> <p>3. Ионная полимеризация мономеров по карбонильной группе и ненасыщенным связям типа <math>-C\equiv N</math> и <math>-N=C=O</math>. Катионные и анионные механизмы.</p> <p>4. Ионно-координационная полимеризация виниловых мономеров. Типы катализаторов (гетерогенные и гомогенные). Стереоспецифическая полимеризация на катализаторах Циглера-Натта. Анионно-координационная полимеризация</p>

3.9	Полимеризация гетероциклов /Ср/	7	2	Л1.1 Л1.2Л2.4	<p>1. Синтез ВМС полимеризацией циклических соединений. Ионная полимеризация гетероциклов. Влияние строения гетероцикла на его способность к полимеризации. Равновесие цикл <math>\rightleftharpoons</math> полимер. Полимеризация <math>\square</math>-оксидов лактонов и лактамов. Анионная, катионная и гидролитическая полимеризация капролактама.</p> <p>2. Цепная сополимеризация. Радикальная и ионная сополимеризация ненасыщенных мономеров. Структурные факторы сополимеризации.</p> <p>3. Ступенчатые процессы образования макромолекул</p>
3.10	Типы поликонденсации /Ср/	7	2	Л1.1 Л1.2Л2.1	<p>1. Реакции полиэтерификации, полиамидирования, фенолформальдегидной поликонденсации и гидролитической поликонденсации органохлорсиланов.</p> <p>2. Образование полимерных цепей в поликонденсации, взаимосвязь между их длиной и степенью завершенности. Молекулярно-массовое распределение в линейной поликонденсации. Побочные реакции в процессах поликонденсации, методы их подавления.</p> <p>3. Регулирование роста цепи при поликонденсации.</p> <p>4. Особенности трехмерной поликонденсации</p>
	<b>Технологические методы осуществления процессов полимеризации и поликонденсации</b>				
4.1	Технологические методы осуществления процессов полимеризации и поликонденсации /Ср/	7	2	Л1.1 Л1.2	
4.2	Методы осуществления радикальной полимеризации /Ср/	7	2	Л1.1 Л1.2	<p>1. Полимеризация в массе (блоке), растворе, эмульсионная и суспензионная.</p> <p>2. Влияние метода полимеризации на молекулярную массу и молекулярно-массовое распределение образующегося полимера</p>
4.3	Методы осуществления ступенчатой полимеризации /Ср/	7	2	Л1.1 Л1.2	<p>1. Поликонденсация в расплаве, растворе, эмульсионная и межфазная поликонденсация, их основные особенности.</p> <p>2. Влияние различных факторов на скорость процесса и молекулярно-массовое распределение образующегося полимера</p>
4.4	Строение, методы синтеза и свойства привитых и блоксополимеров /Ср/	7	2	Л1.1 Л1.2	<p>1. Способы осуществления привитой сополимеризации.</p> <p>2. Пространственные блоксополимеризации.</p> <p>3. Применение привитых и блоксополимеров</p>
	<b>Химические реакции полимеров. Классификация химических реакций ВМС</b>				

5.1	Полимераналогичные превращения /Лек/	7	2	Л1.1 Л1.2	Химическая модификация как метод направленного изменения свойств природных и синтетических полимеров. Отличия полимераналогичных превращений от соответствующих реакций низкомолекулярных соединений. Степень превращения, неоднородность по химическому составу. Реакционная способность полимеров: стерический, полярный и надмолекулярный эффекты. Циклизация при полимераналогичных превращениях. Химическая модификация целлюлозы
5.2	Макромолекулярные реакции /Ср/	7	2	Л1.1 Л1.2	1. Реакции сшивания макромолекул. 2. Взаимодействие функциональных групп цепей полимера, реакции макромолекул с полифункциональными низкомолекулярными агентами 3. Реакции концевых групп макромолекул. Их значение в синтезе блок-сополимеров и при определении молекулярной массы
5.3	Деструкция макромолекул /Ср/	7	2	Л1.1 Л1.2	1. Деструкция полимеров при синтезе ВМС и эксплуатации полимерных изделий. Целенаправленная деструкция полимеров. 2. Химическая деструкция (гидролиз, ацидолиз, аминолиз, алкоголиз). Деполимеризация по закону концевых групп. 3. Окислительная деструкция. Механизм разветвленно-цепной окислительной деструкции полимеров
5.4	Деструкция полимеров под действием физических факторов (температура, фотооблучение и радиация, механохимический фактор) /Ср/	7	2	Л1.1 Л1.2	1. Старение полимеров. 2. Пути замедления или предотвращения деструкции. Применение стабилизаторов и антиоксидантов, современные тенденции
	<b>Отдельные представители ВМС. Методы их синтеза, свойства и области применения</b>				
6.1	Отдельные представители ВМС. Методы их синтеза, свойства и области применения /Лек/	7	2	Л1.1 Л1.2	
6.2	Карбоцепные полимеры. Полимеры диеновых углеводов. Полимерные ароматические углеводороды /Лаб/	7	4	Л2.2	
6.3	Гетероцепные полимеры /Лаб/	7	4	Л2.2	
6.4	Карбоцепные и гетероцепные полимеры с системой сопряженных связей /Ср/	7	1	Л1.1 Л1.2Л2.3	1. Органические полупроводники. 2. Общие сведения об элементоорганических и неорганических полимерах; специфика свойств

## 5. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

### 5.1. Типовые задания для проведения текущего контроля

Тестовое задание



1. Укажите, из каких мономеров можно получить полиамидные волокна
  - а) лактамы г) аминокислоты
  - б) дикарбоновые кислоты + двухатомные спирты д) дикарбоновые кислоты + диамины
  - в) диизоцианаты + двухатомные спирты е) дикарбоновые кислоты + триамины
2. Укажите, из каких мономеров можно получить полиэфирные волокна
  - а) глицерин + фталевая кислота г) дикарбоновые кислоты + диамины
  - б) оксикарбоновые кислоты д) лактоны
  - в) дикарбоновые кислоты + двухатомные спирты е) диизоцианаты + двухатомные спирты
3. Какие из перечисленных соединений относятся к биополимерам
  - а) крахмал г) поликарбонаты
  - б) полиуретаны д) белки
  - в) целлюлоза е) поливиниловый спирт
4. Какие из приведенных высокомолекулярных соединений относятся к термореактивным
  - а) полиамидные волокна г) фенолформальдегидная смола
  - б) глифталевые смолы д) невулканизированный каучук
  - в) поливинилхлорид е) вулканизированный каучук
5. Для каких значений  $m$  достигается максимальная вероятность циклизации в процессе поликонденсации аминокислот строения  $H_2N-(CH_2)_m-COOH$ 
  - а) 6 в) 1
  - б) 20 г) 50
6. Какие катализаторы позволяют получить стереорегулярный кристаллический поли-пропилен:
  - а) бензоилпероксид в) бутиллитий
  - б) катализатор Циглера-Натта г) трифторид бора + вода
7. Как называются полимеры, макромолекулы которых включают случайную последовательность расположения заместителей в цепи макромолекулы
  - а) изотактические в) синдиотактические
  - б) атактические г) стереорегулярные
8. Какие полимеры образуются в результате полимеризации в присутствии каталитической системы  $TiCl_4 + AR_3$ :
  - а) стереорегулярные в) синдиотактические
  - б) стереоспецифичные г) изотактические
9. Известно, что вода оказывает тормозящее действие на процесс синтеза полиэфиров из двухатомных спиртов и дикарбоновых кислот. Укажите, какая причина лежит в основе этого действия
  - а) сольватационный эффект
  - б) дезактивирующее действие на кислотный катализатор
  - в) обратимость реакции этерификации
  - г) экстракция водой катализатора из реакционной массы
10. Какова среднечисловая степень полимеризации, если степень завершенности реакции составляет 0,95
  - а) 100 г) 20
  - б) 1000 д) 10
  - в) 50
11. Как изменится соотношение линейного полимера и побочного продукта мономолекулярной циклизации в процессе поликонденсации 6-аминогексановой кислоты при разбавлении реакционной массы инертным растворителем
  - а) увеличится в) не изменится
  - б) уменьшится г) произойдет полное подавление реакции циклизации
12. Как изменится соотношение линейного полимера и побочного продукта бимолекулярной циклизации в процессе поликонденсации 1,6-диаминогексана и адипиновой кислоты при разбавлении реакционной массы инертным растворителем
  - а) увеличится в) не изменится
  - б) уменьшится г) произойдет полное подавление реакции циклизации
13. Какой из приемов может выступать фактором регулятора молекулярной массы полимера при поликонденсации диаминов и дикарбоновых кислот
  - а) применение избытка одного из реагентов
  - б) строгое выдерживание стехиометрического соотношения реагентов
  - в) разбавление реакционной массы инертным растворителем
  - г) добавление в реакционную массу моноамина
  - д) добавление в реакционную массу тетрахлометана

14. Какие факторы способствуют смещению равновесия полиэтерификации в сторону образования полимера

- а) повышение температуры г) разбавление реакционной массы инертным рас-творителем
- б) понижение температуры д) повышение давления
- в) отгонка воды из реакционной массы

15. По какой причине в процессе синтеза полиуретанов используют избыток диизоциа-ната по отношению к диолу

- а) увеличение скорости процесса
- б) компенсация материальных потерь из-за протекания побочных реакций
- в) увеличение выхода полиуретана
- г) увеличение степени завершенности реакции

16. В какой среде осуществляют синтез полиуретанов

- а) в расплаве мономера в) в водной дисперсии
- б) в растворе г) в твердой фазе

17. В случае каких реагентов протекает трехмерная поликонденсация:

- а)  $\text{CH}_2\text{O}$  г) 1,6-диаминогексан + адипиновая кислота
- б) спирт + 1,3-бутадиен
- в) глицерин + терефта-левая кислота д)

18. Какие силы межмолекулярного взаимодействия доминируют в продукте конденсации глицина

- а) дисперсионные в) ориентационные
- б) индукционные г) водородные связи

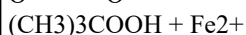
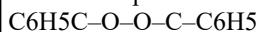
19. В какой системе лучше всего использовать инициатор  $\text{Fe}^{2+} + \text{S}_2\text{O}_8^{2-}$  для проведения радикальной полимеризации:

- а) в расплаве мономера в) в водной дисперсии
- б) в растворе г) в твердой фазе

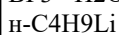
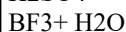
#### Задания для СРС

1. Рассмотрите следующие системы мономеров и катализаторов

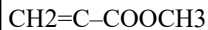
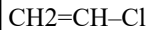
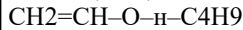
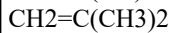
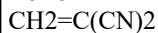
Катализаторы



Na-нафталин



Мономеры



Подберите для каждого из мономеров подходящий катализатор из представ-ленного перечня. Обоснуйте Ваш выбор

2. Выведите кинетическое уравнение полимеризации изобутилена при катализе серной кислотой, если обрыв цепей

осуществляется путем взаимодействия растуще-го карбокатиона с водой с образованием высокомолекулярного алкена-1

3. Выведите кинетическое уравнение полиамидирования диамина с дикарбоно-вой кислотой с учетом, что часть реагентов связана в виде нерекционноспособной соли, а процесс протекает некаталитически

4. Почему при поликонденсации силанолов в присутствии протонных кислот образуются циклические силоксаны, а в присутствии оснований – нет

5. Предложите механизм реакции полимеризации  $\epsilon$ -капролактама в присутствии ацетил- $\epsilon$ -капролактама и основания.

6. При рассмотрении различных полимеров на основе алкенов показано, что из-вестные полимеры получены главным образом на основе этилена, 1-замещенных и 1,1-дизамещенных этилена. Полимеры на основе 1,2-дизамещенных производных этилена практически неизвестны. Объясните этот факт

7. При полимеризации винилового мономера в массе начальная константа скорости развития цепи составляла  $0,3 \cdot 10^3 \text{ л} \cdot \text{моль}^{-1} \cdot \text{с}^{-1}$ , константа скорости обрыва –  $6,5 \cdot 10^6 \text{ л} \cdot \text{моль}^{-1} \cdot \text{с}^{-1}$ , скорость иницирования –  $1,2 \cdot 10^{-9} \cdot \text{моль} \cdot \text{л}^{-1} \cdot \text{с}^{-1}$ .

При степенях завершенности реак-ции 0,20; 0,35 и 0,50 эффективное значение константы скорости обрыва составляли соот- ветственно 0,2; 0,04 и 0,004 от начальной  $k_t$ , а скорость иницирования 0,7; 0,61 и 0,55 от начальной. Константа роста

цепи не изменилась. Вычислите скорость полимеризации и длину кинетической цепи в отсутствие ингибитора и в присутствии 0,05 моль/л ингибитора, если константа ингибирования равна 0,01 и не меняется в ходе процесса, а началь-

УП: 440305-БХ\_1.plx

стр. 13

ное содержание мономера составляет 11 моль·л<sup>-1</sup>

8. Полиэтилен высокого давления отличается от полиэтилена, полученного в присутствии катализатора Циглера; он имеет более низкую плотность и температуру плавления. Было высказано предположение, что это связано с разветвленностью цепей полимера, синтезированного при высоком давлении. Объясните, каким образом в процесс полимеризации могут образовываться ответвления и какое они могут оказывать влияние на плотность и температуру плавления

9. При свободнорадикальном иницировании реакции хлорирования полиэтилена в присутствии сернистого ангидрида образуется полимер, содержащий большое количество хлора и небольшое количество сульфохлоридных групп  $-SO_2Cl$ . Заместители расположены вдоль цепей более или менее нерегулярно. Напишите наиболее вероятный механизм этих реакций замещения. Какими физическими свойствами полимер должен обладать сульфохлоридный полимер, если замещение доведено до такой степени, при которой одна замещающая группа  $-SO_2Cl$  приходится на 25-100 групп  $CH_2$ . Какой может быть характер поперечных связей в этом полимере

10. Что может произойти, если образец высокомолекулярной полиакриловой кислоты  $-(CH_2-CH)_n-$  поместить в раствор NaOH

COOH

11. Предложите метод синтеза блок-сополимера из полиоксиэтилена и полистирола, полученного при иницировании полимеризации в присутствии азо-бис-изобутиронитрила

12. Напишите уравнение реакции поликонденсации p-оксиэтоксibenзойной кислоты и рассчитать молекулярную массу полимера, если при определении концевых карбоксильных групп на титрование 3 г полимера израсходовано 2,6 мл 0,01N раствора  $AgNO_3$

13. Рассмотрите возможность циклизации в процессе поликонденсации полимеров из следующих мономеров

а)  $H_2N(CH_2)_mCOOH$

б)  $HO(CH_2)_nOH+HOOC(CH_2)_mCOOH$

при m от 2 до 10

14. Рассмотрите возможность циклизации в процессе поликонденсации полимеров из следующих мономеров

а)  $H_2N(CH_2)_mCOOH$

б)  $HO(CH_2)_nOH+HOOC(CH_2)_mCOOH$

при m от 2 до 10

15. Опишите и изобразите структуры сложных полиэфигов, образующихся в результате следующих реакций поликонденсации

а)  $HORCOOH$  б)  $HORCOOH+HOR'OH$

в)  $HORCOOH+HOCH_2CH_2CH_2OH$

ОН

16. Расположите в порядке убывания реакционной способности в реакции анионной полимеризации следующие мономеры

а)  $CH_3-CH=CH_2$

б)  $CH_2=CHCl$

в)  $CH_2=CH-CN$

г)  $CH_2=C(CN)_2$

д)  $(CH_3)_2C=CH_2$

17. Расположите в порядке убывания реакционной способности в реакции катионной полимеризации следующие мономеры

а)  $C_6H_5CH=CH_2$

б)  $C_6H_5C=CH_2$

ОН  
CH<sub>3</sub>

в)  $CH_2=CH-CH=CH_2$

г)  $CH_2=CHCl$

д)  $CH_2=CH-CN$

е)  $CH_2=CH-COOCCH_3$

## 5.2. Типовые задания для проведения промежуточной аттестации

Вопросы для собеседования на зачете

1. Классификация полимеров.

2. Природа связей в полимерах. Особенности строения полимерных цепей.

3. Кристалличность полимеров. Свойства кристаллических полимеров. Критерии кристалличности и аморфности.

4. Мономеры для производства ВМС. Их сырьевая база. Алкены и их производные как мономеры.

5. Зависимость молекулярно-массового распределения от степени завершенности реакций поликонденсации.

6. Методы синтеза ВМС. Цепные и ступенчатые процессы. Их особенности. Примеры цепных и ступенчатых процессов.

7. Технологические методы процессов полимеризации и сополимеризации.

8. Методы синтеза блок-сополимеров.

9. Методы синтеза привитых сополимеров.

10. Технологические методы процессов поликонденсации.

11. Выведите кинетическое уравнение полиамидирования диамина с дикарбоновой кислотой с учетом, что часть реагентов связана в виде неактивной соли, а процесс протекает некаталитически.

12. Полиэтилен высокого давления отличается от полиэтилена, полученного на катализаторах Циглера-Натта менее высокой плотностью, меньшей температурой плавления и меньшей прочностью на разрыв. Объясните этот факт.

13. Химические реакции полимеров как основа их модификации.

14. Объясните, каким образом в процессе полимеризации этилена могут образовываться ответвления и как они влияют на

свойства полимера?

УП: 440305-БХ\_1.plx

стр. 14

15. Многоатомные спирты и фенолы как мономеры. Их получение и использование.
16. Идеальная, альтернантная, статистическая сополимеризация, их особенности.
17. Что может произойти, если образец высокомолекулярного полиметилметакрилата поместить в раствор NaOH?
18. Капролактамы. Методы его получения и применение.
19. Виды химической деструкции полимеров.
20. Что может произойти, если образец полиакриловой кислоты поместить в раствор NaOH?
21. Дикарбоновые кислоты как мономеры. Их получение и использование.
22. Гидролитическая деструкция полимеров. Приведите примеры полимеров, подверженных гидролитической деструкции.
23. Кинетические закономерности свободно-радикальной полимеризации. Гель-эффект.
24. Окислительная и термическая деструкция полимеров, их механизм.
25. Почему при поликонденсации силанолов в присутствии кислот образуются циклические силоксаны, а в присутствии оснований – нет?
26. Ингибиторы и регуляторы роста цепи в свободно-радикальной полимеризации.
27. Старение полимеров, его признаки и принципы. Методы борьбы со старением полимеров.
28. Какие из приведенных ВМС относятся к терморезистивным? Обоснуйте Ваш ответ.
29. Особенности процессов ионной полимеризации.
30. Классификация ВМС по физическим свойствам и происхождению.
31. Как изменится соотношение линейного полимера и побочного продукта мономерной циклизации мономера при поликонденсации 6-гидроксигексановой кислоты при разбавлении реакционной массы инертным растворителем?
32. Закономерности катионной полимеризации.
33. Строение и изомерия полимерных цепей.
34. Какие вещества могут выполнять функцию регуляторов роста цепи в реакциях катионной полимеризации? Обоснуйте ваш ответ.
35. Анионная полимеризация. Катализаторы анионной полимеризации. Механизм стадий инициирования и развития цепей на примере полимеризации стирола и 1,3-бутадиена.
36. Методы инициирования реакций свободно-радикальной полимеризации, их сравнительная характеристика.
37. Важнейшие промышленные процессы поликонденсации.
38. Регуляторы роста цепей в реакциях свободно-радикальной и катионной полимеризации.
39. Предложите метод синтеза блок-сополимера из полиоксиэтилена и полистирола, полученного при инициировании полимеризации в присутствии азо-бис-изобутиронитрила.
40. Важнейшие промышленные процессы полимеризации.
41. Кинетика свободно-радикальной полимеризации виниловых мономеров.
42. Предложите способ получения поливинилового спирта.
43. Механизм ионно-координационной полимеризации.
44. Кинетика катионной полимеризации.
45. Реакции сополимеризации. Их кинетические закономерности. Константы сополимеризации как показатели состава и структуры сополимеров.
46. Кинетика поликонденсации дикарбоновых кислот с диаминами.
47. Сравнительная характеристика процессов ионной и свободно-радикальной сополимеризации.
48. Кинетика кислотно-каталитической поликонденсации дикарбоновых кислот и диолов.
49. Синтез сетчатых (сшитых) ВМС.
50. Кинетика катионной полимеризации изобутилена при катализе серной кислотой.
51. Выведите кинетическое уравнение полимеризации изобутилена при катализе серной кислотой, если обрыв цепей осуществляется путем взаимодействия растущего карбокатиона с водой с образованием высокомолекулярного алкена-1.
52. Основные закономерности ступенчатых реакций синтеза ВМС. Роль степени завершенности и соотношения мономеров.
53. Сравнительная характеристика методов полимеризации в массе мономера, в растворе, в эмульсии и суспензии.
54. Регуляторы роста цепей в реакциях свободно-радикальной и катионной полимеризации.
55. Предложите метод синтеза блок-сополимера из полиоксиэтилена и полистирола, полученного при инициировании полимеризации в присутствии азо-бис-изобутиронитрила.
56. Важнейшие промышленные процессы полимеризации.
57. Кинетика свободно-радикальной полимеризации виниловых мономеров.
58. Предложите способ получения поливинилового спирта.
59. Механизм ионно-координационной полимеризации.
60. Кинетика катионной полимеризации.

### 5.3. Перечень видов оценочных средств

Для оперативного контроля за усвоением отдельных разделов проводятся общекурсовые рейтинговые контрольные работы. Такая форма контроля за текущей успеваемостью:

- дисциплинирует студента, вводя его в новую для него систему вузовского обучения;
- наполняет конкретным содержанием абстрактное понятие «высокие требования», так как каждая работа мотивированно оценивается по 30-бальной шкале;
- дает преподавателю основания объективной оценки знаний каждого студента при выведении «допуска» и «зачета».

### 5.4. Процедура применения оценочных материалов

Подготовка к зачету осуществляется по перечню вопросов, выносимых на зачет. Перечень вопросов выдает преподаватель не позднее чем за месяц до назначенной даты приема зачёта.

При проработке вопросов, вынесенных на зачет, необходимо использовать конспект лекций, а так же учебно-методическую и учебную литературу, рекомендованную преподавателем.

Важно понимать, что положительный результат промежуточной аттестации по дисциплине может быть достигнут планомерной работой с материалом дисциплины в течение всего семестра, а не только подготовкой непосредственно перед зачетом. Эффективная подготовка к зачету должна включать в себя структурирование и повторение материала, изученного на аудиторных занятиях и в процессе выполнения различных видов самостоятельной работы

Подготовка к зачету заключается в изучении и тщательной проработке студентом учебного материала дисциплины с учетом учебников, лекционных, лабораторных и практических занятий, результатов самостоятельной работы.

На зачет студент обязан предоставить:

- полный конспект лекций (даже в случаях разрешения индивидуального графика посещения учебных занятий);
- полный конспект практических занятий;
- отчеты по выполнению заданий в рамках самостоятельной работы.

Преподаватель имеет право задавать дополнительные уточняющие вопросы, если студент недостаточно полно осветил тематику вопроса, если затруднительно однозначно оценить ответ (оценка «между баллами»), если студент отсутствовал на занятиях в семестре.

## 6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

### 6.1. Рекомендуемая литература

#### 6.1.1. Основная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год (кол-во экземпляров для печатных изданий)	Ссылка на электронное издание
Л1.1	Киреев В. В.	Высокомолекулярные соединения в 2 ч. Часть 2: Учебник	, 2019	<a href="https://www.biblio-online.ru/book/vysokomolekulyarnye-soedineniya-v-2-ch-chast-2-434141">https://www.biblio-online.ru/book/vysokomolekulyarnye-soedineniya-v-2-ch-chast-2-434141</a>
Л1.2	Киреев В. В.	Высокомолекулярные соединения в 2 ч. Часть 1: Учебник	, 2019	<a href="https://www.biblio-online.ru/book/vysokomolekulyarnye-soedineniya-v-2-ch-chast-1-434140">https://www.biblio-online.ru/book/vysokomolekulyarnye-soedineniya-v-2-ch-chast-1-434140</a>

#### 6.1.2. Дополнительная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год (кол-во экземпляров для печатных изданий)	Ссылка на электронное издание
Л2.1	Семчиков Ю. Д.	Введение в химию полимеров: учебное пособие	, 2014	<a href="http://e.lanbook.com/view/book/4036/">http://e.lanbook.com/view/book/4036/</a>
Л2.2	Кузнецов В. А.	Практикум по высокомолекулярным соединениям: учебное пособие	, 2014	<a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=441593">http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=441593</a>
Л2.3	Аржаков М. С., Антипина А. Д., Ефимова А. А., Жирнов А. Е., Королев Б. А., Лачинов М. Б., Литманович Е. А., Лысенко Е. А., Ноа О. В., Спиридонов В. В., Ужинова Л. Д., Чернов И. В., Шибает В. П., Черникова Е. В., Зезин А. Б.	Органическая химия: высокомолекулярные соединения: Учебник и практикум	, 2019	<a href="https://www.biblio-online.ru/book/organic-heskaya-himiya-vysokomolekulyarnye-soedineniya-430864">https://www.biblio-online.ru/book/organic-heskaya-himiya-vysokomolekulyarnye-soedineniya-430864</a>
Л2.4	Семчиков Ю.Д.	Высокомолекулярные соединения: Учебник для студентов вузов	, 2003 (11 шт.)	

### 6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет"

Э1	
Э2	

<b>6.3. Информационные технологии</b>	
<b>6.3.1 Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения</b>	
1.	Операционная система ROSA Enterprise Linux Desktop № RL00450-1-110518-01. RL00450-1-110518-17 от 11 мая 2018 г.
2.	Операционная система Microsoft Windows XP Professional Russian. Лицензия № 16698685 от 08.08.2003 г.
3.	Операционная система Microsoft Windows Professional 7 Russian. Лицензия №48497058 от 13.05.2011 г., договор № Пр/16/6 от 05 апреля 2016 г.
4.	Операционная система Microsoft Windows 10 Professional Russian. Контракт № ПР/ФЕН/15/18 от 23.10.2015 г., договор № Пр/16/6 от 05 апреля 2016 г.
5.	Программное обеспечение Microsoft Office Enterprise 2007 Russian. Лицензия №46138962 от 16.11.2009
6.	Программное обеспечение Microsoft Office 2013 Professional. Контракт № 405535 от 2 ноября 2015 года, контракт № ПР/ФЕН/15/18 от 23.10.2015 г.
7.	Программа для распознавания текста ABBYY FineReader 9.0 Corporate Edition. Лицензионный сертификат - код позиции AF90-3U1V25-102, ABBYY FineReader 9.0 Corporate Edition Volume License Concurrent от 28 июля 2009 г.
8.	Электронный словарь ABBYY Lingvo X3 Европейская версия - Код позиции AL14-2U1V05-102, ABBYY Lingvo x3 Европейская версия. Именная лицензия Concurrent от 28 июля 2009 г.
9.	Комплексная система антивирусной защиты Kaspersky Endpoint Security для бизнеса – стандартный Russian Edition. 500-999 Node 2 year Educational Renewal License. Лицензия № 13C8-190514-084943-783-1256 от 15.05.2019
10.	Файловый архиватор 7z. Свободно распространяемое ПО
11.	Браузеры Google Chrome, Mozilla, Opera. Свободно распространяемое ПО
12.	Текстовый редактор NotePad++. Свободно распространяемое ПО
13.	Инструмент для очистки и оптимизации операционных систем Microsoft Windows C Cleaner. Свободно распространяемое ПО
14.	Программа для записи видео и потокового вещания Open Broadcaster Software. Свободно распространяемое ПО
15.	Пакет офисных приложений Apache OpenOffice 4.1.6. Свободно распространяемое ПО
16.	Программа просмотра файлов формата RPD Adobe Acrobat Reader DC. Свободно распространяемое ПО
17.	Среда выполнения Adobe Flash Player. Свободно распространяемое ПО
18.	ПО интерактивной доски Elite Panaboard. Свободно распространяемое ПО
19.	Файловый менеджер Far manager. Свободно распространяемое ПО
20.	Система Интернет-телефонии Skype. Свободно распространяемое ПО
21.	Система облачного хранилища Dropbox. Свободно распространяемое ПО
22.	Редактор диаграмм, схем, блок-схем, UML-схем Dia 0.97.2. Свободно распространяемое ПО
23.	Оболочка программирования Code: Blocks 17.12. Свободно распространяемое ПО
24.	Среда программирования и набор инструментов для программирования. MinGW 0.6.3 Свободно распространяемое ПО
<b>6.3.2 Перечень информационных справочных систем и профессиональных баз данных</b>	
1.	Базы данных издательства Springer ( <a href="https://link.springer.com">https://link.springer.com</a> )
2.	Полнотекстовый архив ведущих западных научных журналов на российской платформе Национального электронно-информационного консорциума (НЭИКОН)( <a href="http://neicon.ru">http://neicon.ru</a> )
3.	Web of Science Core Collection – политематическая реферативно-библиографическая и наукометрическая (библиометрическая) база данных ( <a href="http://webofscience.com">http://webofscience.com</a> )
4.	Портал «Информационно-коммуникационные технологии в образовании» ( <a href="http://www.ict.edu.ru">http://www.ict.edu.ru</a> )
5.	Портал Федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования ( <a href="http://fgosvo.ru">http://fgosvo.ru</a> )
6.	Официальный интернет-портал базы данных правовой информации ( <a href="http://pravo.gov.ru">http://pravo.gov.ru</a> )
7.	Компьютерная информационно-правовая система «Гарант»

<b>7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)</b>			
Ауд.	Назначение	Оборудование и технические средства обучения	Вид
2-41	Компьютерный класс	доска учебная, компьютеры, столы компьютерные	Ср

Ауд.	Назначение	Оборудование и технические средства обучения	Вид
2-49	Лаборатория физической химии	pH-метры, аквадистиллятор, аналитические весы, весы теххимические, звуковой генератор, ионометры, лабораторный регулятор напряжения, магазин сопротивлений, магнитные мешалки, мойка двойная, мост переменного тока (P5010, P5021), наборы реактивов для проведения качественного и количественного анализа, наборы химической посуды и лабораторного оборудования, осциллограф, приточно-вытяжная вентиляция с вытяжными шкафами, рефрактометры, стол инженера, стол преподавателя, стол приставной с тумбами, столы для титрования, столы лабораторные, стул инженера, стул преподавателя, сушильный шкаф, табуреты винтовые, термометры, термостат, фотоэлектрокалориметры	Лаб
2-50	Лекционная с мультимедийным комплексом	акустическая система, доска учебная, источник бесперебойного питания, ноутбук, проектор, рулонный настенный экран, стол преподавателя, столы учебные, стул преподавателя	Лек

### 8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Лекции, читаемые преподавателем, являются основным ориентиром при изучении дисциплины. Методической основой освоения курса является рабочая программа по дисциплине, которую следует использовать для подготовки к практическим занятиям и к зачету. Студенту необходимо вести конспекты, в которых необходимо отражать основные понятия, не только на основе лекций, но и на основе работы с основной, дополнительной литературой и интернет-источниками, выполнять задания для самостоятельной работы, предложенные преподавателем.

Для успешного изучения дисциплины, преподавателям, работающим со студентами по данному курсу, предлагается использовать разработанный комплекс учебно-методических материалов, включающих:

- лекции в виде презентаций,
- методическое пособие в электронном и печатном виде для практических занятий с контрольными вопросами и задачами;
- задания для самостоятельной работы студентов;
- для контроля знаний по предмету на практических занятиях и КСРС разработан комплекс текущих тестовых заданий
- для оценки остаточных знаний разработаны тестовые задания
- для контроля знаний и умений предусмотрено проведение контрольных работ и коллоквиумов.

Варианты контрольных работ в печатном виде находятся у преподавателя, ответственного за данную дисциплину.

Основная цель аудиторных занятий по дисциплине состоит в глубоком усвоении наиболее сложных вопросов учебной дисциплины; оказание помощи студенту в изучении, как обще-теоретических вопросов, так и в овладении обширным нормативным материалом.

Готовясь к практическим занятиям по дисциплине студенту необходимо изучить основную и дополнительную литературу по теме будущего занятия, подвергнуть их анализу, систематизации и обобщению и подготовить план ответа на каждый вопрос, вынесенный на обсуждение; подготовиться к выполнению лабораторной работы; выполнить задания для самостоятельной работы.

#### Требования к зачету

Подготовка к зачету осуществляется по перечню вопросов, выносимых на зачет. Перечень вопросов выдает преподаватель не позднее чем за месяц до назначенной даты приема зачёта.

При проработке вопросов, вынесенных на зачет, необходимо использовать конспект лекций, а так же учебно-методическую и учебную литературу, рекомендованную преподавателем.

Важно понимать, что положительный результат промежуточной аттестации по дисциплине может быть достигнут планомерной работой с материалом дисциплины в течение всего семестра, а не только подготовкой непосредственно перед зачетом. Эффективная подготовка к зачету должна включать в себя структурирование и повторение материала, изученного на аудиторных занятиях и в процессе выполнения различных видов самостоятельной работы

Подготовка к зачету заключается в изучении и тщательной проработке студентом учебного материала дисциплины с учетом учебников, лекционных, лабораторных и практических занятий, результатов самостоятельной работы.

На зачет студент обязан предоставить:

- полный конспект лекций (даже в случаях разрешения индивидуального графика посещения учебных занятий);
- полный конспект практических занятий;
- отчеты по выполнению заданий в рамках самостоятельной работы.

Преподаватель имеет право задавать дополнительные уточняющие вопросы, если студент недостаточно полно осветил тематику вопроса, если затруднительно однозначно оценить ответ (оценка «между баллами»), если студент отсутствовал на занятиях в семестре.