

*Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«Северо-Осетинский государственный университет  
имени Коста Левановича Хетагурова»*



## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

### **«Химия высокомолекулярных соединений»**

**Направление 44.03.05 Педагогическое образование**

**(с двумя профилями подготовки)**

**Профили Химия, Биология**

**Квалификация (степень) выпускника - бакалавр**

**Владикавказ 2016**

Программа составлена в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом по направлению 44.03.05 – Педагогическое образование с двумя профилями подготовки (Химия. Биология), утвержденным приказом Министерства образования и науки Российской Федерации №91от 09.02.2016г., учебным планом подготовки бакалавра по направлению 44.03.05 – Педагогическое образование с двумя профилями подготовки (Химия. Биология), утвержденным ученым советом ФГБОУ ВО «СОГУ» протокол № 8 от 03.03.2016 г.,

Составитель: доцент кафедры органической химии **Чигорина Т.М.**

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры  
(протокол № 10 от «29» июня 2016 г.)

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_  В.Т. Абаев

Одобрена советом факультета химии, биологии и биотехнологии  
(протокол № 14 от «01» июля 2016 г.)

Председатель \_\_\_\_\_  Ф.А. Агаева

## 1. Структура, и общая трудоемкость дисциплины.

Общая трудоемкость дисциплины составляет **2** зачетные единицы (**72** часа).

	Очная форма обучения	Заочная форма обучения
Курс	3	
Семестр	5	
Лекции	36 час.	
Практические (семинарские) занятия	-	
Лабораторные занятия	36 час.	
Итого аудиторных занятий	72 час.	
Самостоятельная работа	-	
Курсовая работа	-	
Форма контроля		
Зачет	5	
Общее количество часов	72	

## 2. Цели освоения дисциплины

В соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом по направлению подготовки **44.03.05** - Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки. Профили - Химия. Биология) от 09 февраля 2016 года № 91, цель изучения курса химии высокомолекулярных соединений – дать студенту знания основ химии полимеров, которые служат подготовке студента к будущей профессиональной деятельности в областях: научно-исследовательской, технологической и педагогической.

Задача курса – формирование творчески работающих специалистов с развитым научным мышлением, обладающих необходимым запасом знаний в области химии высокомолекулярных соединений, способных использовать теоретические знания при решении практических задач.

Целями освоения дисциплины «Химия высокомолекулярных соединений» являются ознакомление студентов с основами науки о высокомолекулярных соединениях и ее практических приложениях, знание которых необходимо каждому современному химику-преподавателю. Особенностью программы является фундаментальный характер ее содержания, необходимый для формирования у студентов современных представлений о полимерном состоянии как особой форме существования веществ, получение студентами необходимых теоретических знаний и практических навыков о методах синтеза, модификации, исследованию физико-химических свойств и структуры полимеров.

### Задачи изучения дисциплины:

- показать и объяснить специфику полимерного состояния вещества;
- ознакомить студентов с моделями и подходами, принятыми для описания полимеров в конденсированном состоянии и в растворах, в сравнении с моделями и подходами, описывающими поведение низкомолекулярных веществ;
- обозначить современные тенденции в развитии теоретических представлений, новых методов получения и исследования полимеров, а также разработке новых полимерных материалов и композиций.

Освоение учебной дисциплины «Химия высокомолекулярных соединений», являющейся частью ОПОП по направлению **44.03.05** Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки) профили Химия, Биология и обеспечивающей реализацию **ФГОС 3+** по данному направлению, предполагает вооружить студентов системой теоретических знаний, ознакомление студентов с основами науки о высокомолекулярных соединениях и ее практических приложениях, знание которых необходимо каждому современному химику-преподавателю. Особенностью программы является фундаментальный характер ее содержания, необходимый для формирования у студентов

современных представлений о полимерном состоянии как особой форме существования веществ, получение студентами необходимых теоретических знаний и практических навыков о методах синтеза, модификации, исследованию физико-химических свойств и структуры полимеров.

### 3. Место дисциплины в структуре ПООП бакалавриата

Дисциплина «Химия высокомолекулярных соединений» в соответствии с ФГОСЗ+ по направлению подготовки **44.03.05 Педагогическое образование** (с двумя профилями подготовки) профили Химия, Биология относится к **Вариативной части** (Дисциплины по выбору **Б1.В.ДВ.7**) – **Б1.В.ДВ.07.01**. Для изучения дисциплины необходимы знания, умения и компетенции, полученные обучающимися в бакалавриате, Для изучения дисциплины необходимы знания, умения и компетенции, полученные обучающимися в бакалавриате, в результате освоения дисциплины «Органическая химия». Также возможна опора на курсы «Неорганическая химия», «Общая химия», «Физическая и коллоидная химия». Изучение данной дисциплины основано на материале курсов физики, математики.

Курс химии высокомолекулярных соединений должен познакомить студента с внутренней логикой химической науки, фактическим материалом по классификации полимеров, стереоизомерии полимерных веществ, методам получения полимеров (полимеризационные и поликонденсационные) и тенденциями в изменении свойств полимеров при полимераналогичных превращениях, отверждении, деструкции, особых свойств растворов высокомолекулярных соединений.

Студент должен освоить основные закономерности, определяющие свойства полимерного состояния вещества, и на этой основе изучить фактический материал по способам получения полимеров, их реакций. Именно поэтому курс химии высокомолекулярных соединений включает обширное теоретическое введение, в котором в первом приближении рассматриваются основные современные общехимические воззрения, теории, законы.

Для освоения данной учебной дисциплины необходимы знания, умения и навыки, формируемые *предшествующими* дисциплинами. Студент должен:

**Знать** (ОК-3, ПК-1, ПК-4, ПК-6, ПК-11, ПК-12):

- основы химической науки как области современного естествознания, химических превращений полимерных веществ как основы многих явлений живой и неживой природы; углубление представлений о материальном единстве мира;
- основные понятия и методы математического анализа, линейной алгебры, дискретной математики, теории дифференциальных уравнений, теории вероятностей и математической статистики;
- законы Ньютона и законы сохранения, элементы механики жидкостей, законы термодинамики, статистические распределения, законы электростатики;
- электронное строение атомов и молекул, основы теории химической связи в соединениях разных типов, химические свойства элементов различных групп периодической системы и их важнейших соединений;

**Уметь** (ОК-3, ПК-1, ПК-4, ПК-6, ПК-11, ПК-12):

- решать типовые задачи, связанные с основными разделами физики, использовать физические законы;
- выполнять основные химические операции, определять термодинамические характеристики химических реакций и равновесные концентрации веществ, использовать основные химические законы, термодинамические справочные данные и количественные соотношения неорганической химии;
- оценивать правильность выполнения учебной задачи, собственные возможности ее решения;

- организовывать учебное сотрудничество и совместную деятельность с учителем и сверстниками; работать индивидуально и в группе: находить общее решение и разрешать конфликты на основе согласования позиций и учета интересов; формулировать, аргументировать и отстаивать свое мнение;
- использовать информационно-коммуникационные технологии, активно пользоваться словарями и другими поисковыми системами;
- создавать, применять и преобразовывать знаки и символы, модели и схемы для решения учебных и познавательных задач.

**Владеть** (ОК-3, ПК-1, ПК-4, ПК-6, ПК-11, ПК-12):

- методами проведения физических измерений, методами корректной оценки погрешностей при проведении физического эксперимента;
- теоретическими методами описания свойств простых и сложных веществ на основе теории строения органических соединений, экспериментальными методами определения физико-химических свойств органических соединений.

В результате освоения дисциплин (пререквизитов) обучаемый должен обладать следующими *общефессиональными* компетенциями (ОПК-1):

- использовать знания о современной физической картине мира, пространственно-временных закономерностях, строении вещества для понимания окружающего мира и явлений природы;
- использовать знания о строении вещества, природе химической связи в различных классах химических соединений для понимания свойств материалов и механизма химических процессов, протекающих в окружающем мире;
- основами химической грамотности: способностью анализировать и объективно оценивать жизненные ситуации, связанные с химией, навыками безопасного обращения с веществами, используемыми в повседневной жизни; умением анализировать и планировать экологически безопасное поведение в целях сохранения здоровья и окружающей среды;
- основами самоконтроля, самооценки, принятия решений и осуществления осознанного выбора в учебной и познавательной деятельности;
- первоначальными систематизированными представлениями о веществах, их превращениях и практическом применении, понятийным аппаратом и символическим языком химии;
- устной и письменной речью, монологической контекстной речью.

#### 4. Требования к результатам освоения дисциплины (компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля))

Выпускник, освоивший программу бакалавриата, должен обладать профессиональными компетенциями, соответствующими виду (видам) профессиональной деятельности, на который (которые) ориентирована программа бакалавриата:

##### **педагогическая деятельность:**

- готовностью реализовывать образовательные программы по учебным предметам в соответствии с требованиями образовательных стандартов (ПК-1).

В результате изучения дисциплины выпускник (специалист) должен приобрести следующие профессиональные знания, умения и навыки:

**знать:** - основные понятия химии и физики ВМС, методы синтеза полимеров, особенности строения макромолекул и их поведения в растворах;

- классификацию полимеров, их важнейших представителей и их применение, структуру и основные физические свойства полимерных тел;

- физико-химические свойства основных представителей различных классов полимеров, а также способы их получения и области применения; основные методы получения и исследования полимеров и полимерно-композиционных материалов.

**уметь:** - планировать и осуществлять синтез полимеров различными методами; прогнозировать свойства и эксплуатационные возможности полимеров и др.;

- планировать и осуществлять анализ полимеров;

- самостоятельно работать с учебной и справочной литературой по химии высокомолекулярных соединений;

- применять к природным объектам полимерной природы основные теоретические положения курса химия ВМС.

**владеть:** - техникой эксперимента получения и исследования полимерных материалов;

- установлением корреляционных зависимостей структура – свойство;

- современными физическими и физико-химическими методами в химии полимеров.

Общим средством контроля является введенная в университете балльно-рейтинговая система оценки успеваемости студентов специалитета и направлений бакалавриата.

При проведении учебных занятий обеспечивается развитие у обучающихся навыков командной работы, межличностной коммуникации, принятия решений, лидерских качеств. Используется проведение интерактивных лекций, групповых дискуссий, ролевых игр, материалы на основе результатов научных исследований, в том числе с учетом региональных особенностей профессиональной деятельности выпускников и потребностей работодателей.

Дисциплина «Химия высокомолекулярных соединений» является основой для изучения естественнонаучных дисциплин: «Избранные главы органической химии», «Аналитическая химия», «Коллоидно-дисперсные состояния в природе», «Молекулярная биология», «Химия окружающей среды».

**5. Содержание и учебно-методическая карта дисциплины**  
**5 семестр**

Таблица 5.1

№ Неде ли	Наименование тем (вопросов), изучаемых по данной дисциплине	Аудиторные занятия, часы		Самостоятельная работа		Количество баллов текущей работы для аттестации			Литера тура [ ... ]
		л	лаб	Содержание	Часы	Форма контроля	Мин	Мак с	
1	Введение в химию высокомолекулярных соединений. Основные понятия, термины. Особое полимерное состояние.	2	2	Важнейшие свойства полимерных веществ. Классификация полимеров в зависимости от происхождения, от топологии макромолекул.	-	Письменные домашние задания (конспект)	2	4	[1-6], 10,11
2	Классификация полимеров по геометрии, происхождению, молекулярной массе.	2	2	Классификация полимеров по химическому составу и строению основной цепи.	-	Письменные домашние задания (конспект)	2	4	1-5, 8, 9, 11
3	Конфигурация, стереохимия и конформация цепи. Стереорегулярные полимеры. Среднечисловая, среднемассовая молекулярная масса полимеров.	2	2	Гибкость цепных макромолекул. Конфигурация и конформация макромолекулы. Молекулярная масса и молекулярно-массовое распределение полимеров, образующихся при радикальной полимеризации.	-	Коллоквиум, письменные домашние задания (конспект)	3	4	1-3, 9, 11, 12
4	Методы синтеза полимеров. Цепная радикальная полимеризация. Способы инициирования реакций полимеризации.	4	4	Внутримолекулярное вращение и гибкость макромолекул.  Подготовка по теме эксперимента.	-	Коллоквиум, письменные домашние задания (конспект)	3	5	[1-6], 8, 9, 11

5	Элементарные стадии реакции полимеризации. Инициирование химическое, термическое, фотохимическое.	2	2	Классификация цепных полимеризационных процессов.	-	Письменные домашние задания (конспект)	3	6	[1-6], 8, 10
6	Ионная полимеризация. Общие закономерности ионной полимеризации.	2	2	Кинетика катионной полимеризации. Молекулярная масса и молекулярно-массовое распределение полимеров.	-	Коллоквиум, письменные домашние задания (конспект)	3	5	1, 3, 5, 6, 8, 9, 10
7	Ионная (каталитическая) полимеризация. Катионная полимеризация.	2	2	Способы проведения полимеризации: в массе, в растворе, в суспензии и эмульсии.  Подготовка по теме эксперимента.	-	Письменные домашние задания (конспект), контрольная работа	3	6	1, 3, 5, 6, 8, 9, 10
8	Анионная полимеризация. Основные стадии процесса. Кинетические закономерности процесса.	-	2	Типы реакций поликонденсации. Равновесные конденсационные процессы.	-	Коллоквиум, письменные домашние задания	4	8	3, 4, 6, 8, 9, 10, 11
9	Основные способы проведения реакций полимеризаций (радикальной, катионной, анионной). Регулирование молекулярной массы полимера при проведении реакции полимеризации, поликонденсации.	2	2	Основные отличия полимеризационных и поликонденсационных процессов. Молекулярная масса и молекулярно-массовое распределение при поликонденсации. Подготовка по теме эксперимента.	-	Контрольная работа, конспект, реферат	5	8	[1-6], 10, 11
<b>ПЕРВАЯ РУБЕЖНАЯ АТТЕСТАЦИЯ (КОМПЬЮТЕРНЫЙ ТЕСТ)</b>							28	50	



10	Химические свойства и химические превращения полимеров. Свойства растворов полимеров. Энтальпия и энтропия смешения. Параметр растворимости Гильдебранта. Поликонденсационные полимеры.	2	-	Полимераналогичные превращения и внутримолекулярные реакции. Коллигативные свойства растворов полимеров.  Подготовка по теме эксперимента.	-	Коллоквиум, письменные домашние задания (конспект), реферат	4	8	1, 3, 4, 7, 8, 9, 12
11	Поликонденсация. Классификация, терминология. Полиамиды и полиэфиры. Способы получения. Особенности состава. Области применения. Использование химических реакций макромолекул для химического и структурно-химического модифицирования полимерных материалов.	2	2	Гомо-, гетерополиконденсация, основные закономерности протекания процесса.  Подготовка по теме эксперимента.	-	Коллоквиум, письменные домашние задания (конспект), реферат	5	8	1-4, 7, 8, 10, 12
12	Гомо-, гетерополиконденсация. Кинетические закономерности реакции. Гидролитическая поликонденсация капролактама.	2	2	Термодинамика растворов полимеров.	-	Письменные домашние задания (конспект)	3	6	1, 3, 7, 8, 9, 10, 12
13	Химические превращения полимеров без изменения степени полимеризации.	2	2	Полимераналогичные превращения.  Подготовка по теме эксперимента.	-	Коллоквиум, реферат	3	6	[1-6], 7, 11
14	Внутримолекулярные превращения. Перегруппировки в основных цепях.	2	2	Теория Флори-Хаггинса. Свойства растворов полимеров: набухание, вязкость.	-	Письменные домашние задания (конспект)	3	5	1-4, 7, 8, 9

15	Макромолекулярные реакции. Сшивание, отверждение, структурирование макромолекул полимеров.	2	2	Термодинамика и молекулярный механизм высокоэластических деформаций.	-	Коллоквиум, письменные домашние задания.	3	4	[1-6], 7, 9, 10, 12
16	Химические превращения полимеров с уменьшением степени полимеризации. Деструкция. Релаксационные явления в полимерах. Периодические и непрерывные процессы получения полиамидов.	2	2	Особенности молекулярного строения полимеров и принципов упаковки макромолекул.	-	Коллоквиум, Контрольная работа, Реферат	2	4	[1-6], 9, 10, 12
17	Растворы полимеров. Растворение, набухание. Неограниченное, ограниченное набухание. Диаграммы фазовых состояний. Особенности процессов получения и области применения полиамидов.	2	2	Условия, необходимые для кристаллизации полимеров. Температура кристаллизации и температура плавления. Подготовка по теме эксперимента.	-	Письменные домашние задания (конспект)	2	4	4 - 7, 9, 10, 12
18	Физические и фазовые состояния полимеров. Стеклообразное, высокоэластичное, вязкотекучее состояния аморфных полимеров. Термомеханические кривые ( $T_c$ , $T_g$ ).	2	2	Структура и надмолекулярная организация кристаллических полимеров.	-	Коллоквиум, Контрольная работа, Реферат	3	5	1 - 5, 7, 9, 10
	<b>ВТОРАЯ РУБЕЖНАЯ АТТЕСТАЦИЯ (КОМПЬЮТЕРНЫЙ ТЕСТ)</b>						28	50	
<b>Итого</b>		<b>36</b>	<b>36</b>				<b>56</b>	<b>100</b>	

## 6. Образовательные технологии

Лекции, лекции-беседы, практические занятия, самостоятельная работа студентов.

Используются интерактивные методы обучения: творческие задания, разработка проектов, исследовательский метод обучения, круглые столы, диспуты, семинары.

№/п	Тема	Вид занятия	Количество часов	Активные формы	Интерактивные формы
1	Основные понятия и определения. Важнейшие свойства полимерных веществ. Классификация полимеров. Стереои́зомерия полимерных макромолекул.	Лекция, лабораторное	2	Моделирование кластеров и блока проблемных вопросов	Дискуссионные технологии: мозговой штурм, кейс-технология.
2	Внутримолекулярное вращение и гибкость макромолекул. Факторы, влияющие на гибкость реальных цепей.	Лекция, лабораторное	4	Перспективно - опережающего обучения, технология, проблемного обучения	Работа в малых группах. Исследовательский метод. Блиц-игры.
3	Структура и основные физические свойства полимерных тел. Особенности молекулярного строения полимеров. Аморфные и кристаллические полимеры.	Лекция, лабораторное	2	Перспективно - опережающего обучения, технология, проблемного обучения	Работа в малых группах. Исследовательский метод. <a href="http://lms.nosu.ru/">http://lms.nosu.ru/</a>
4	Структура и надмолекулярная организация кристаллических полимеров. Различия и сходство в структурной организации кристаллических и аморфных полимеров.	Лекция, лабораторное	2	Перспективно - опережающего обучения, технология, проблемного обучения	Работа в малых группах. Исследовательский метод. Блиц-игры.
5	Три физических состояния аморфных полимеров. Высокоэластическое состояние. Термодинамика и молекулярный механизм высокоэластических деформаций.	Лекция, лабораторное	2	Перспективно - опережающего обучения, технология, проблемного обучения	Дискуссионные технологии: мозговой штурм, кейс-технология. <a href="http://lms.nosu.ru/">http://lms.nosu.ru/</a>
6	Релаксационные явления в полимерах. Стеклообразное состояние. Вязкотекучее состояние. Механизм вязкого течения.	Лекция, лабораторное	2	Обсуждение результатов выполнения домашних заданий	Дистанционного обучения на площадке системы «MOODLE» по ссылке: <a href="http://lms.nosu.ru/">http://lms.nosu.ru/</a>
7	Гомо-, гетерополиконденсация. Кинетические закономерности реакции. Термодинамика растворов полимеров. Энтальпия и энтропия смешения.	Лекция, лабораторное	2	Лекция-беседа, Лекция-диалог	Проектная разработка. Исследовательский метод. Блиц-игры.
8	Полимераналогичные превращения и внутримолекулярные реакции. Внутримолекулярные реакции.	Лекция, лабораторное	4	Обсуждение результатов выполнения домашних заданий	Дистанционного обучения на площадке системы «MOODLE» по ссылке: <a href="http://lms.nosu.ru/">http://lms.nosu.ru/</a>
9	Деструкция и отверждение полимеров. Основные принципы синтеза привитых и блок-сополимеров.	Лекция, лабораторное	4	Перспективно - опережающего обучения, технология, проблемного обучения	Дистанционного обучения на площадке системы «MOODLE» по ссылке: <a href="http://lms.nosu.ru/">http://lms.nosu.ru/</a>

Занятия с применением активных методов обучения составляют 85% (интерактивные часы – 24), что соответствует требованиям (ФГОС.3++) по направлению подготовки

## **7. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы**

Самостоятельная работа студентов, предусмотренная учебным планом, должна соответствовать более глубокому усвоению изучаемого курса, формировать навыки исследовательской работы и ориентировать студентов на умение применять теоретические знания на практике.

Задания для самостоятельной работы составляются по разделам и темам, по которым не предусмотрены аудиторские занятия, либо требуется дополнительно проработать и проанализировать рассматриваемый преподавателем материал в объеме запланированных часов.

Задания по самостоятельной работе по дисциплине могут быть следующих видов:

- конспектирование первоисточников и другой учебной литературы;
- проработка учебного материала (по конспектам лекций учебной и научной литературе) и подготовка докладов на семинарах и практических занятиях, к участию в тематических дискуссиях и деловых играх;
- работа с нормативными документами и законодательной базой; поиск и обзор научных публикаций и электронных источников информации, подготовка заключения по обзору;
- выполнение контрольных работ, творческих (проектных) заданий;
- решение задач, выполнение упражнений;
- написание рефератов (эссе);
- работа с тестами и вопросами для самопроверки;
- выполнение переводов на иностранные языки/с иностранных языков;
- моделирование и/или анализ конкретных проблемных ситуаций;
- обработка статистических данных, нормативных материалов;
- анализ статистических и фактических материалов, составление выводов на основе проведенного анализа и т.д.

Самостоятельная работа должна носить систематический характер, быть интересной и привлекательной для студента.

Результаты самостоятельной работы контролируются преподавателем и учитываются при аттестации студента (зачет). При этом проводятся: тестирование, экспресс-опрос на семинарских и практических занятиях, заслушивание докладов, проверка письменных работ и т.д.

Самостоятельная работа студентов по дисциплине «Химия высокомолекулярных соединений» включает выполнение домашних заданий к каждому практическому занятию. Задания содержат устную подготовку по теоретическим вопросам, решения тематических задач по разделам, прописи лабораторных занятий.

Самостоятельная работа студентов включает выполнение домашних заданий к каждому практическому и лабораторному занятию. Задания содержат как письменные вопросы и задачи, так и устную подготовку по теоретическим вопросам. Для подготовки к занятиям студенты пользуются учебниками и учебными пособиями, указанными в списке рекомендованной литературы, а также интернет-источниками. Все методические материалы представлены в системе дистанционного обучения СОГУ.

## **8. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, рубежной аттестации и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.**

Текущий контроль знаний проводится путем оценки выполнения письменных заданий к практическим и лабораторным занятиям, а также устных ответов на практических занятиях.

Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.

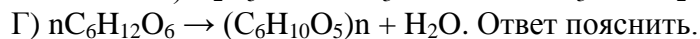
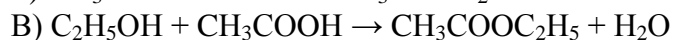
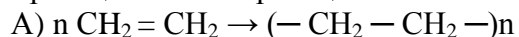
### **Вопросы к лабораторным занятиям**

1. Основные понятия химии ВМС: мономер, полимер, олигомер, макромолекула, полимерная цепь, звено цепи, степень полимеризации. Связь между ММ мономера и полимера. Специфика понятия «молекулярная масса полимера» применительно к полимерным веществам.
2. Основные отличия ВМС от НМС. Природные и синтетические полимеры.
3. Классификация полимеров по химической природе атомов, образующих главную цепь полимера.
4. Классификация полимеров по геометрии строения их цепей макромолекул.
5. Классификация полимеров по характеристике регулярности строения главной цепи. Примеры.
6. Структура полимеров. Два уровня структурной организации полимеров: химическое строение цепи, конфигурация и конформация цепи.
7. Классификация полимеров по принадлежности макромолекулы к определенному классу химических соединений. Примеры.
8. Гомополимеры и сополимеры, типы сополимеров. Примеры.
9. Молекулярная масса (ММ) полимеров, как средняя количественная характеристика массы молекул полимеров.
10. Методы определения молекулярной массы полимеров: осмометрический, вискозиметрический, диффузионный.
11. Реакции синтеза полимеров. Полимеризация, основные характеристики реакции. Цепная и ступенчатая полимеризация, их основные особенности.
12. Радикальная полимеризация. Способы инициирования свободно-радикальной полимеризации: фото-, термическое инициирование, использование химических инициаторов. Примеры.
13. Синтез полимеров реакцией полимеризации, основные стадии процесса. Роль ингибиторов и регуляторов реакции полимеризации.
14. Ионная полимеризация, ее зависимость от природы мономера и типа применяемого катализатора.
15. Катализаторы катионной полимеризации, роль сокатализаторов. Механизм процесса. Элементарные стадии, их скорость.
16. Анионная полимеризация, применяемые в реакции катализаторы. Основные стадии процесса.
17. Способы проведения реакции полимеризации. Полимеризация в массе, растворе, эмульсии.
18. Строение мономеров, способных вступать в реакцию поликонденсации. Функциональность мономеров и их способность образовывать линейные и сетчатые полимеры. Примеры.
19. Получение полимеров методом поликонденсации. Ее основные особенности, отличие от реакции полимеризации.
20. Типы реакций поликонденсации. Равновесная и неравновесная поликонденсация, гомо- и гетерополиконденсация. Примеры.
21. В 1939 г. американский химик Карозерс (компания Дюпон) из двухосновной адипиновой кислоты  $\text{HOOC}-(\text{CH}_2)_4-\text{COOH}$  и гексаметилендиамина  $\text{H}_2\text{N}-\text{CH}_2-(\text{CH}_2)_4-\text{CH}_2-\text{NH}_2$  получил

высокомолекулярное соединение, которое используют для производства синтетических волокон. Напишите уравнение реакции, укажите ее тип и назовите продукты реакции.

*Примеры 3-го вопроса билета:*

1. Укажите реакцию полимеризации:



2. Из каких веществ получают искусственные волокна?

А) нефть; Б) целлюлоза; В) каменный уголь; Г) природный газ

3. Классифицируйте и назовите ниже приведенный полимер по всем известным для них классификациям (по химическому составу макромолекулы, по составу основной цепи макромолекулы, по строению (форме, геометрии) основной цепи макромолекулы): *поливинилацетат*.

4. Пространственную форму молекул имеет следующий полимер:

А) резина; Б) целлюлоза; В) синтетический каучук; Г) полипропилен.

5. Что является активным центром при полимеризации виниловых мономеров в присутствии иницирующей системы  $\text{Fe}^{2+} + \text{H}_2\text{O}_2$ ? Ответ пояснить.

а) катион; б) анион; в) свободный радикал; г) полимеризация не протекает.

6. Механизм полимеризации метилметакрилата в жидком аммиаке (катализатор – калий). Как изменится скорость реакции при замене калия литием?

7. Какие мономеры способны участвовать в радикальной полимеризации? Ответ пояснить.

а) оксид этилена; б) формальдегид; в) метакриловая кислота; г) аминокислота, д) оксимасляная кислота.

### **Вопросы к итоговому зачету по дисциплине «Химия высокомолекулярных соединений»**

1. Основные отличия ВМС от НМС. Природные и синтетические полимеры.

2. Основные понятия химии ВМС: мономер, полимер, олигомер, макромолекула, полимерная цепь, звено цепи, степень полимеризации. Связь между ММ мономера и полимера. Специфика понятия «молекулярная масса полимера» применительно к полимерным веществам.

3. Классификация полимеров по принадлежности макромолекулы к определенному классу химических соединений: полиолефины, полидиены, полиэферы, полиамиды, поликарбонаты.

4. Классификация полимеров по химической природе атомов, образующих главную цепь полимера

5. Классификация по геометрии строения цепи макромолекул.

6. Гомополимеры и сополимеры, типы сополимеров. Примеры.

7. Классификация полимеров по характеристике регулярности строения главной цепи. Примеры.

8. Методы получения высокомолекулярных соединений.

9. Реакции синтеза полимеров. Полимеризация, основные характеристики реакции. Цепная и ступенчатая полимеризация, их основные особенности.

10. Радикальная полимеризация. Способы иницирования свободно-радикальной полимеризации: фото-, термическое иницирование, использование химических инициаторов. Примеры.

11. Ионная полимеризация, ее виды в зависимости от природы мономера и типа применяемого катализатора.

12. Катионная полимеризация. Катализаторы и сокатализаторы. Влияние природы растворителя.

13. Анионная полимеризация, применяемые в реакции катализаторы. Основные стадии процесса.
14. Анионно-координационная полимеризация. Типы применяемых катализаторов.
15. Способы проведения реакции полимеризации. Полимеризация в массе, растворе, эмульсии.
16. Получение полимеров методом поликонденсации. Ее основные особенности, отличие от реакции полимеризации.
17. Строение мономеров, способных вступать в реакцию поликонденсации. Функциональность мономеров и их способность образовывать линейные и сетчатые полимеры. Примеры.
18. Типы реакций поликонденсации. Равновесная и неравновесная поликонденсация, гомо- и гетерополиконденсация. Примеры.
19. Химические реакции и химические превращения полимеров. Полимераналогичные превращения.
20. Реакции деструкции и сшивания полимерных цепей. Физическая деструкция, химическая гидролитическая деструкция гетероцепных полимеров. Термическая, химическая, окислительная деструкция; механизм реакций окисления полимеров. Антиоксиданты.
21. Структура полимеров. Конформация макромолекул. Гибкость цепи полимеров.
22. Агрегатные и фазовые состояния веществ. Аморфные, кристаллические, кристаллизующиеся полимеры.
23. Три физических состояния аморфных полимеров. Температуры переходов: температура стеклования ( $T_g$ ) и температура текучести ( $T_f$ ). Стеклообразное высокоэластичное и вязкотекучее состояние полимеров.
24. Термомеханические кривые аморфных полимеров. Влияние молекулярной массы полимеров на температуру стеклования.
25. Природа растворов ВМС. Свойства растворов полимеров. Ограниченное и неограниченное набухание. Фазовые диаграммы состояния растворов полимеров. Студни.
26. Молекулярная масса (ММ) полимеров, как средняя количественная характеристика массы молекул полимеров.
27. Определение молекулярного веса полимера вискозиметрическим методом.
28. Относительная, приведенная и характеристическая вязкость, их размерности. Связь характеристической вязкости с молекулярной массой полимера. Уравнение Марка-Хаувинка-Куна. Вискозиметрия, как метод определения средневязкостной молекулярной массы полимера.
29. Методы определения молекулярной массы полимеров: осмометрический, вискозиметрический, метод диффузии, метод ультрацентрифугирования, метод светорассеяния.
30. Реакции отверждения. Инициаторы и катализаторы отверждения. Точка гелеобразования.
31. Роль ингибиторов и регуляторов реакции полимеризации.
32. Карбоцепные полимеры. Типы полимеров, способных кристаллизоваться. Зависимость температуры стеклования от химического строения мономеров.
33. Полиэтилен. Способы получения. Свойства макромолекул полиэтилена, в зависимости от способов получения. Применение.
34. Полипропилен. Способы получения, свойства, применение.
35. Полиизобутилен. Способы получения, свойства, применение.
36. Полистирол. Способы получения, свойства, применение.
37. Элементоорганические соединения. Эластомеры. Полисилоксаны.
38. Получение фенольно-формальдегидных смол (новолачные, резольные).
39. Поливинилхлорид. Способы получения, свойства, применение.
40. Полиуретаны. Получение, применение.

41. Полиакрилонитрил. Получение, применение.
42. Поливинилацетат. Способы получения, применение

**Вопросы по основным разделам  
дисциплины «Химия высокомолекулярных соединений»**

1. Получение ВМС методом полимеризации. Мономеры для синтеза. Механизмы полимеризации.
2. Радикальная полимеризация. Инициаторы. Влияние различных факторов на радикальную полимеризацию. Стадии процесса.
3. Катионная полимеризация. Катализаторы. Стадии процесса. Кинетика полимеризации.
4. Анионная полимеризация. Инициирование, рост цепи и обрыв цепи.
5. Анионно-координационная полимеризация. Катализатор Циглера-Натта. Механизм полимеризации.
6. Способы проведения полимеризации (в блоке, в растворе, суспензии, эмульсии).
7. Теория сополимеризации. Различие между радикальной и ионной сополимеризацией.
8. Получение полистирола радикальной и ионной полимеризацией. Химические превращения полистирола.
9. Особенности образования полимеров методом поликонденсации. Теория Карозерса.
10. Классификация процессов поликонденсации. Равновесная поликонденсация. Деструкция и обрыв цепи при равновесной поликонденсации.
11. Синтез полиамидов. Гидролитическая полимеризация лактамов.

**Физико-химия полимеров**

12. Гидродинамические свойства макромолекул в растворах. Вискозиметрия.
13. Связь характеристической вязкости с молекулярной массой и средними размерами макромолекул. Уравнение Марка-Куна-Хаувинка.
14. Методы определения средневесовой и среднечисловой молекулярной массы.
15. Классическая теория растворов полимеров Флори-Хаггинса. Константа Хаггинса, вириальные коэффициенты.
16. Равновесие в растворах полимер-растворитель. Термодинамический критерий растворимости.
17. гибкость цепных молекул и ее связь с физико-механическими свойствами полимеров.
18. Конформация полимерных цепей. Условия, допускающие полное «свободное» вращение.
19. Тепловое движение в полимерных телах. Статистический сегмент. Свободно-сочлененная цепь.

**Физика полимеров**

20. Свойства аморфных и кристаллических полимеров. Термомеханические кривые аморфных полимеров.
21. Высокоэластическое состояние полимеров. Нижний предел молекулярной массы, необходимый для проявления высокоэластической деформации.
22. Кристаллические полимеры. Влияние ориентации на механические свойства полимеров.
23. Химические превращения полимеров (полимераналогичные превращения, сшивание, блок- и привитая сополимеризация).
24. Надмолекулярная структура полимеров.

**Примерные вопросы к рубежным контрольным по дисциплине  
«Химия высокомолекулярных соединений»**

1. Чем отличаются полимеры от высокомолекулярных соединений?
2. Отличие ВМС от низкомолекулярных соединений?
3. Номенклатура и строение полимеров (классы и подклассы)?
4. Номенклатура и строение полимеров (группы, подгруппы, виды)?



5. Виды изомерии полимеров?
6. Природные полимеры?
7. Каучук и синтетические полимеры?
8. Особые свойства полимеров?
9. Надмолекулярные образования из молекул полимеров?
10. Релаксационные процессы в полимерах?
11. Молекулярно-массовые характеристики полимеров?
12. Среднечисловая и среднемассовая молекулярные массы ВМС?
13. Методы определения среднечисловой и среднемассовой молекулярных масс ВМС?
14. Эластическая и пластическая деформации?
15. Термоэластические эффекты?
16. Природа эластичности каучука?
17. Зависимость размера макромолекул от длины цепи, идеальный клубок?
18. Реальные клубки, влияние температуры и растворителя на их размер?
19. Форма макромолекул в концентрированных растворах и стеклах, теорема Флори?
20. Поворотн-изомерный механизм гибкости цепи?
21. Термодинамический сегмент Куна?
22. Персистентная гибкость?
23. Кинетическая гибкость цепи?
24. Механизм эластичности полимеров, упругость идеального газа?
25. Упругость полимерной сетки?
26. Вязкоупругость, ее механизм?
27. Энтальпия смешения для растворов ВМС?
28. Параметр Растворимости Гильдебранта?
29. Энтропия смешения для растворов ВМС?
30. Теория Флори-Хаггинса?
31. Параметр взаимодействия Флори-Хаггинса?
32. Коллигативные свойства растворов полимеров?
33. Набухание полимеров?
34. Вязкость растворов полимеров?
35. Определение молекулярной массы полимеров из данных по вязкости растворов?
36. Полиэлектролиты?
37. Вязкость растворов полиэлектролитов?
38. Равновесие Доннана?
39. Состояния, в которых могут существовать полимеры.
40. Термомеханические кривые.
41. Термомеханические кривые стеклообразных полимеров.
42. Семейство термомеханических кривых для полимергомологов .
43. Влияние повышения жесткости макромолекул на термомеханические кривые.
44. Оценка величины сегмента из термомеханических кривых для полимергомологов.
45. Влияние режимов испытаний на характер термомеханических кривых.
46. Особенности стеклообразного состояния полимеров.
47. Свободный объем в полимерах.
48. Структурное и механическое стеклование.
49. Способы определения температуры стеклования.
50. Зависимость температуры стеклования от структуры полимеров и влияния других факторов.
51. Растяжение стеклообразных полимеров.
52. Влияние температуры на кривые «деформация-напряжение» стеклообразных полимеров.
53. Высокоэластическое состояние полимеров.
54. Кристаллические состояния полимеров.
55. Строение кристаллических полимеров.

56. Скорость кристаллизации полимеров.
57. Влияние на кристаллизацию полимеров различных факторов.
58. Кривые «деформация-напряжение» кристаллических полимеров.
59. Растяжение кристаллических полимеров.
60. Термодинамика синтеза полимеров.
61. Цепные и ступенчатые процессы полимеризации.
62. Свободнорадикальная полимеризация.
63. Методы инициирования свободнорадикальной полимеризации.
64. Кинетика свободнорадикальной полимеризации.
65. Влияние концентрации инициатора и температуры на свободнорадикальную полимеризацию
66. Активность мономеров в реакциях свободнорадикальной полимеризации.
67. Ориентация мономерных звеньев в реакциях свободнорадикальной полимеризации.
68. Ионная полимеризация.
69. Различия между радикальной и ионной полимеризациями.
70. Ионно-координационная полимеризация.
71. Поликонденсация.
72. Особенности цепных и ступенчатых процессов полимеризации.
73. Способы проведения процессов полимеризации в промышленности.
74. Эмульсионная и суспензионная полимеризации.
75. Характерные особенности макромолекул как реагентов.
76. Влияние соседних звеньев на химические превращения макромолекул.
77. Макромолекулярные и надмолекулярные эффекты при химических превращениях макромолекул.
78. Кооперативные взаимодействия при химических превращениях макромолекул.
79. Сшивание полимеров.
80. Высыхание красок.
81. Вулканизация каучуков.
82. Отверждение эпоксидных смол.
83. Деструкция полимеров.
84. Термическая деструкция по радикальному механизму.
85. Нерадикальные реакции деструкции.
86. Термоокислительная деструкция.
87. Фотодеструкция.
88. Полимераналогичные превращения.
89. Химические превращения целлюлозы.

### Методические рекомендации по организации самостоятельной работы студентов

Изложены в прилагаемых пособиях:

1. Чигорина Т.М. *Введение в химию высокомолекулярных соединений* : учеб.-метод. пособие для студентов химико-технологических факультетов. //Т.М.Чигорина; ФГБОУ ВПО «Северо-Осетинский государственный университет им. К.Л.Хетагурова» – Владикавказ, 2018. – 87 с.
2. Чигорина Т.М. *Практикум «Высокомолекулярные соединения»*: учеб.-метод. пособие для студентов химико-технологического факультета (бакалавриат), направление – химия (Б1.Б.13) / Т.М.Чигорина; ФГБОУ ВПО «Северо-Осетинский государственный университет им. К.Л.Хетагурова» – Владикавказ, 2018. – 44 с.

### Литература

1. Ю. Д. Семчиков, С. Ф. Жильцов, С. Д. Зайцев. Введение в химию полимеров. –М.: Лань, 2014. – 222 с.
2. Киреев В.В. Высокомолекулярные соединения. //Учебник для бакалавров. - М: Юрайт, 2013.
3. Шишенок М.В. Современные полимерные материалы. / М.В. Шишенок. – Минск: Вышэйшая школа, 2017. – 280 с.: ил. – Режим доступа: по подписке. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=560815>. – Библиогр. в кн. – ISBN 978-985-06-2902-9. – Текст: электронный.
4. Хакимуллин Ю.Н. Химия и физика полимеров. Физические состояния полимеров : учебное пособие / Хакимуллин Ю. Н. - Казань : Издательство КНИТУ, 2017. - 141 с. - ISBN 978-5-7882-2215-8 - Текст: электронный // ЭБС "Консультант студента": [сайт]. - URL: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785788222158.html> - Режим доступа: по подписке.
4. Кузнецов, В.А. Практикум по высокомолекулярным соединениям. / В.А. Кузнецов; Министерство образования и науки РФ, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Воронежский государственный университет». – Воронеж: Издательский дом ВГУ, 2014. – 167 с. : схем., табл. – (Учебник Воронежского государственного университета). – Режим доступа: по подписке. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=441593>. – Библиогр. в кн. – ISBN 978-5-9273-2141-4. – Текст: электронный.
5. Куренков В.Ф., Бударина Л.А., Заикин А.Е. Практикум по физике и химии высокомолекулярных соединений. – М.: Колос, 2008.
6. Тютюрский И.А., Дулина О.А. Высокомолекулярные соединения. – М.: МИТХТ им. М. В. Ломоносова, 2015. – 72 с.
7. Симбирских Е.С. Свойства растворов высокомолекулярных соединений. - Мичуринск: Изд-во МичГАУ, 2014. - 25 с.
8. А. А. Тагер. Физическая химия полимеров. // Под ред. А. А. Аскадского. - 4-е изд., перераб. и доп. - М.: Научный мир, 2007.
9. Практикум по химии и физике полимеров. //Под ред. В.Ф.Куренкова. - М.: Химия. - 1995.
10. Шишенок М.В. Структура полимерных тел.//М.В.Шишенок. Мн.: БГУ, 2003. - 38с.
11. Хохлов А.Р., Кучанов С.И. Лекции по физической химии полимеров. – М.: Мир, 2000. – 192 с.
12. Виноградова С.В. Поликонденсационные процессы и полимеры. – М.: Наука, 2000. – 371 с.

### Вопросы к самостоятельной подготовке студентов по дисциплине

#### «Химия высокомолекулярных соединений»

1. Классификация полимеров по химическому составу, по величине молекулярной массы, по происхождению, по строению основной цепи.
2. Классификация полимеров по химической природе основной цепи, по форме макромолекул, по способу получения, по отношению к нагреву.
3. Полимеризация. Гетеролитический и гомолитический разрыв валентных связей. Радикальная полимеризация. Механизм и стадии радикальной полимеризации. Инициаторы радикальной полимеризации.
4. Кинетика радикальной полимеризации. Реакции передачи цепи. Рекомбинация. Рост макрорадикалов и обрыв цепи. Влияние различных факторов на радикальную полимеризацию

- (температуры, природы катализатора, концентрации мономера, давления). Радикальная сополимеризация. Теория сополимеризации.
5. Каталитическая полимеризация. Отличительные черты по сравнению с радикальной. Инициирование, рост макроионов, прекращение роста.
  6. Катионная полимеризация. Возникновение активного центра. Катализаторы. Пример каталитической полимеризации в присутствии  $\text{SnCl}_4$ .
  7. Кинетика катионной полимеризации (зависимость скорости полимеризации от количества катализатора, степени полимеризации от количества инициатора и мономера). Роль сокатализатора в катионной полимеризации.
  8. Анионная полимеризация. Катализаторы. Механизм анионной полимеризации в присутствии амида калия в среде жидкого аммиака.
  9. Способы осуществления процесса полимеризации (блочная, в растворе, эмульсионная и суспензионная).
  10. Ионная сополимеризация. Различия между радикальной и ионной сополимеризацией. Теория сополимеризации.
  11. Полимеры непредельных ароматических углеводородов. Полистирол. Сырье, механизм полимеризации.
  12. Способы получения полистирола. Химические превращения полистирола. Получение ионообменных смол.
  13. Поликонденсация. Особенности образования полимера. Теория Карозерса. Классификация процессов поликонденсации.
  14. Термодинамика поликонденсации. Механизм равновесной поликонденсации. Процессы деструкции и обрыва цепи при равновесной поликонденсации.
  15. Способы получения полиэтилентерефталата. Сырье. Химизм процесса. Особенности получения из диметилтерефталата (ДМТ) и этиленгликоля, из терефталевой кислоты и этиленгликоля.
  16. Синтез полиамидов. Сырье. Промышленные способы получения. Гидролитическая полимеризация лактамов.
  17. Химические превращения полиамидов (замещение водорода в амидных группах, взаимодействие с формальдегидом в присутствии кислот).
  18. Методы определения молекулярных масс полимеров. Средневесовая и среднечисловая молекулярные массы. Осмометрический метод.
  19. Уравнение Марка-Куна-Хаувинка. Связь характеристической вязкости с молекулярной массой и средними размерами макромолекул. Вискозиметрический метод определения молекулярной массы полимеров. Определение степени свертнутости и формы макромолекул вискозиметрически (значение показателя «а» в уравнении Марка-Куна-Хаувинка).
  20. Диффузионный метод определения средневесовой молекулярной массы. Метод Ламма. Метод ультрацентрифугирования.
  21. Светорассеяние как метод определения средневесовой молекулярной массы. Химический метод определения молекулярной массы.
  22. Растворы полимеров. Факторы, определяющие растворение и набухание полимеров. Термодинамический критерий растворимости. Оценка гибкости цепи. Понятия «хороший» и «плохой» растворитель.
  23. Классическая теория растворов полимеров Флори-Хаггинса. Зависимость осмотического давления от концентрации полимера в растворителе. Константа Хаггинса, вириальные коэффициенты и их физический смысл.
  24. Равновесие в растворах полимер-растворитель. Возможные случаи расслоения системы аморфный полимер-растворитель.  $\theta$ -условия,  $\theta$ -растворитель,  $\theta$ -температура. Физический смысл  $\theta$ -температуры. «Невозмущенные» макромолекулы.
  25. Гидродинамические свойства макромолекул в растворах. Вязкость разбавленных растворов (относительная, удельная, приведенная, характеристическая).

26. Гибкость цепных молекул и ее связь с физико-механическими свойствами полимеров. Потенциальное значение энергии внутреннего вращения. Перемещение отдельных гибких участков макромолекул.
27. Конформация полимерных цепей. Основные виды конформаций. Внутреннее вращение макромолекул. Зависимость потенциальной энергии от угла поворота. Условия, допускающие полное «свободное» вращение.
28. Тепловое движение в полимерных телах. Понятие о статистическом сегменте. Термодинамическая гибкость цепи. Кинетическая гибкость цепи. Свободно-сочлененная цепь.
29. Наиболее вероятное среднеквадратичное расстояние между концами макромолекулы. Термодинамическая вероятность цепи. Параметр жесткости цепи. Факторы, определяющие гибкость цепи полимера (величина потенциального барьера вращения, молекулярная масса, частота пространственной сетки, размер заместителей, температура).
30. Способность полимеров к кристаллизации (строение цепи, энергия межмолекулярного взаимодействия, гибкость цепи, плотность упаковки молекул).
31. Свойства аморфных и кристаллических полимеров. Термомеханические кривые аморфных полимеров. Практическое значение учения о фазовых и физических состояниях полимеров.
32. Высокоэластическое состояние полимеров (термодинамика). Нижний предел молекулярной массы, необходимый для проявления высокоэластической деформации.
33. Вязкотекучее состояние полимеров. Кристаллические полимеры. Кривая растяжения кристаллического полимера. Влияние ориентации на механические свойства полимеров.
34. Структура и основные свойства полимерных тел. Аморфные и кристаллические полимеры. Температура стеклования. Механизм кристаллизации.
35. Химические превращения полимеров. Реакции, приводящие к увеличению степени полимеризации (сшивание, блок- и привитая сополимеризация).
36. Химические превращения полимеров. Полимераналогичные превращения (получение полимеров, сульфирование, модификация, сульфохлорирование и т.д.).
37. Надмолекулярная структура полимеров.

### **Пример лабораторных занятий (5 семестр)**

#### **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1**

##### **Полимеризация в массе (блоке)**

##### **1.1. Цель работы:**

Исследование влияния условий полимеризации на свойства полистирола, полиметилметакрилата, получаемого термической радикальной полимеризацией в массе.

##### **1.2. Подготовка к работе:**

1. Изучить закономерности радикальной полимеризации по конспекту лекций и рекомендованной литературе.
2. В рабочей тетради представить:
  - а) схемы реакций отдельных стадий полимеризации;
  - б) кинетические уравнения, описывающие процесс полимеризации в массе.
3. Написать уравнение полимеризации стирола, метилметакрилата в присутствии перекиси бензоила (ПБ).
4. Подготовить и заполнить таблицы для записи результатов.

##### **1.3. Рабочее задание:**

1. Провести полимеризацию стирола, метилметакрилата в условиях одного из следующих вариантов:
  - а) температура 60, 70 и 80°C; количество ПБ 0,5% масс. (от мономера); продолжительность 3 часа;
  - б) температура 80°C; количество инициатора ПБ 0,1%; 0,3%; 0,5% и 0,7% масс. (от мономера); продолжительность 3 часа;
  - в) температура 80°C; количество инициатора ПБ 0,3% и 0,5% масс. (от мономера); продолжительность 2 или 3 часа;

г) температура 90°C; количество инициатора ПБ 0,1%; 0,5% масс. (от мономера); продолжительность 1, 2 и 3 часа.

2. В каждой ампуле определить:

а) выход полимера (в г и %);

б) скорость полимеризации (в %/час или %/мин, в моль/л·сек).

3. Полученные результаты свести в таблицу и построить графики зависимости скорости полимеризации от исследуемого фактора.

4. Сделать выводы о влиянии исследуемого фактора на процесс полимеризации мономера.

#### 1.4. Реактивы и приборы:

##### Реактивы

Стирол	9-10 г;
Метилметакрилат	9-10 г;
Перекись бензоила (по заданию);	
Толуол	80-100 мл;
Этанол (гидролизный) или петролейный эфир	400-600 мл

##### Приборы

Ампулы;  
Микробюретка емкостью 5 мл;  
Колбы конические емкостью 50 мл;  
Капельная воронка;  
Стаканы емкостью 250 мл;  
Воронка;  
Чашки Петри

#### 1.5. Методические рекомендации по выполнению экспериментальной части

В четыре ампулы загружают указанное в задании количество инициатора и по 2 г стирола. Ампулы закрывают корковыми пробками. После растворения инициатора ампулы помещают в термостат с заданной температурой и выдерживают необходимое время. По окончании полимеризации охлаждают ампулы, полимер растворяют в ароматическом или хлорированном углеводороде, осаждают в спирт или петролейный эфир, проверяя полноту осаждения.

Полимер промывают осадителем, отфильтровывают и сушат в предварительно взвешенных чашках Петри сначала на воздухе, а затем в термостате при 60-70°C или в вакуум-шкафу при 30-40°C до постоянной массы.

#### 1.6. Форма записи результатов

№ опыта	Загрузка						Т, °С	Время, ч	Выход полимера		Скорость полимеризации	
	Мономер			Инициатор					г	%	% / час % / мин	моль / л·с
	г	моль	моль / л	г	%	моль / л						

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2

### Полимеризация в суспензии

#### 1.1. Цель работы:

Исследование влияния условий полимеризации на свойства полимера, получаемого радикальной полимеризацией в суспензии.

#### 1.2. Подготовка к работе:

1. Изучить закономерности радикальной полимеризации по рекомендованной литературе и конспекту лекций.
2. В рабочей тетради представить:
  - а) схемы реакций отдельных стадий полимеризации;
  - б) кинетические уравнения, описывающие процесс полимеризации в суспензии (зависимость скорости полимеризации и молекулярной массы от температуры проведения реакции, от времени синтеза, от концентрации инициатора).
3. Написать уравнение полимеризации стирола, метилметакрилата в присутствии перекиси лаурила и динитрила азо-бис-изомасляной кислоты в качестве инициатора.
4. Подготовить и заполнить таблицы для записи результатов.

#### 1.3. Рабочее задание:

1. Провести полимеризацию стирола, метилметакрилата по одной из рецептур, приведенных в таблице, при следующем режиме: 85-90°C - 2 ч., 98-100°C - 1 ч.
2. Определить выход полимера (в г и %).
3. Результаты опытов свести в таблицу.

#### 1.4. Приборы и реактивы:

##### Реактивы:

Стирол, метилметакрилат (свежеперегнанные) - 20-40 мл;  
дистиллированная вода - 40 мл;  
перекись лаурила или ДАК - в соответствии с рецептурой;  
стабилизатор - в соответствии с рецептурой;

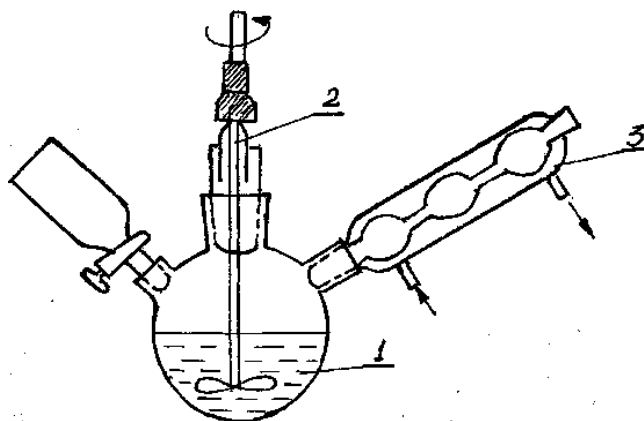
##### Приборы:

полимеризации (рис. 1.);  
водяная баня;  
колба Бунзена;  
воронка Бюхнера;  
чашка Петри или часовое стекло

Таблица 2

**Форма записи результатов**

№	Загрузка								T,°C	вре- мя, час.	Выход полимера	
	мономер		инициатор		вода		стабилиза-тор				г	%
	г	вес. ч.	Вес. ч.	% от мон.	Вес. ч.	% от мон.	Вес. ч.	% от мон.				



**Рис.1** Прибор для суспензионной полимеризации  
 1 - круглодонная 3<sup>х</sup>-горлая колба  
 2 - мешалка с приводом и гидрозатвором; 3 – обратный холодильник

### 1.5. Методические рекомендации по выполнению экспериментальной части

В стакане (или пробирке) растворяют 0,34 г поливинилового спирта в 60г дистиллированной воды при нагревании до 60°C.

Водный раствор поливинилового спирта, охлажденный до комнатной температуры, заливают в 2<sup>х</sup>-3<sup>х</sup>-горлую колбу емкостью 250 мл, снабженную мешалкой и обратным холодильником.

Затем отдельно в мономере растворяют инициатор: перекись лаурила или динитрил азо-бис-изомасляной кислоты. После полного растворения инициатора стирол выливают в колбу.

Включают мешалку, пускают воду в холодильник и опускают колбу в водяную баню. При интенсивном перемешивании поднимают температуру до 80°C и проводят полимеризацию по заданному режиму.

Скорость мешалки регулируют так, чтобы стирол разбивался на отдельные шарики (гранулы) небольшой величины, не соединяясь в общую массу. Установленную в начале процесса постоянную скорость мешалки необходимо поддерживать в течение всего процесса полимеризации, не допуская остановки мешалки во избежание слипания шариков и образования бесформенного комка полимера

В бане рекомендуется поддерживать заданную температуру, не допуская перегрева

Контролем окончания реакции может служить опускание шариков полистирола на дно колбы вследствие увеличения их плотности при кратковременной остановке мешалки.

Готовый продукт отфильтровывают, промывают, просушивают и взвешивают.

Промывку осуществляют дистиллированной водой, используя воронку Бюхнера и колбу Бунзена. Промытые гранулы переносят во взвешенную Чашку Петри и сушат при 50°C в термостате или сушильном шкафу (Табл. 1).

**Рецептуры для получения полистирола в суспензии (в вес. г)**

Компоненты	Номер рецептуры	
	1	2
Стирол	10	10
Вода дистиллированная	60	25
Перекись лаурила	0,5	-
Поливиниловый спирт	0,34	0,5
Динитрил азо-бис-изомасляной кислоты	-	0,1



## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3

### Определение вязкости и молекулярной массы полимеров

#### Цель работы:

Измерить вязкость растворов полимера и вычислить его молекулярную массу.

#### Приборы:

- колбы с притертыми пробками емкостью 25-100 мл,
- градуированная пипетка емкостью 5-10 мл с делениями по 0,2 мл,
- вискозиметр Убеллода с диаметром 0,5-1,5 мл,
- термостат для поддержания температуры измерения с точностью 0,01°C.
- резиновая груша,
- стеклянный фильтр Шотта №1 или №2.

Вискозиметр Убеллода позволяет определить вязкость растворов полимера при различных концентрациях.

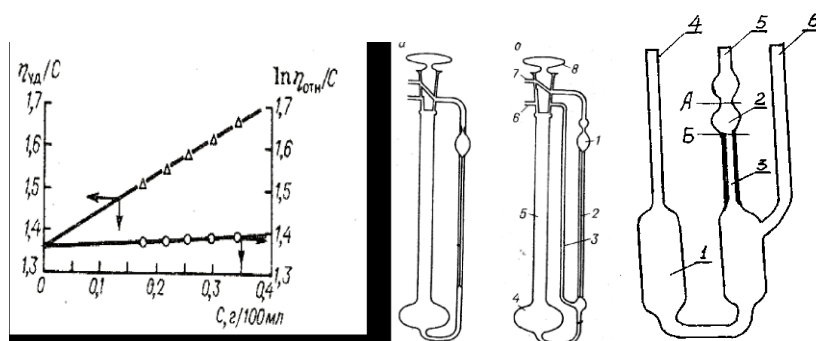


Рис. 1. Вискозиметр Убеллода

- 1 - резервуар;
- 2 - измерительный шарик;
- 3 - капилляр;
- А, Б - метки;
- 4, 5, 6-трубки

#### Подготовка вискозиметра:

Вискозиметр тщательно моют горячей хромовой смесью, затем большим количеством горячей воды, ополаскивают дистиллированной водой и сушат.

#### Подготовка полимера:

Образец полимера необходимо очистить от примесей переосаждением и высушить до постоянной массы в вакуум - шкафу.

#### Приготовление раствора полимера:

Измельченный и высушенный полимер растворяют в подходящем растворителе (для которого в паре с данным полимером имеются табличные данные  $K$  и  $\alpha$ ). Растворитель предварительно необходимо перегнать. Навеску полимера подбирают таким образом, чтобы для исходного раствора полимера относительная вязкость  $\eta_{\text{отн}} = 1,5$  при температуре измерения. Раствор фильтруют от взвешенных частиц через стеклянный фильтр №1 или №2. Для исключения возможности изменения концентрации раствора первую, очень небольшую порцию фильтрата отбрасывают.

#### Проведение измерений:

В вискозиметр через трубку 4 наливают около 5 мл растворителя, устанавливают вискозиметр в термостат и выдерживают при температуре измерения 10-15 мин. К трубке 5 присоединяют резиновую грушу, закрывают кран на трубке 6 и с помощью груши трижды промывают капилляр 3 и измерительный шарик 2, всасывая жидкость на 1 см выше верхней метки. После этого снова заполняют капилляр и измерительный шарик, открывают кран на трубке 6 и отмечают по секундомеру время истечения растворителя от верхней до нижней метки измерительного шарика 2.

Время истечения определяют не менее 5 раз и берут среднее значение.

Если результаты измерений отличаются более чем на 0,2 сек., их отбрасывают и соответственно увеличивают число измерений.

Определив время истечения растворителя  $t_{0, \text{нач.}}$ , сливают растворитель через трубку 4, выдавливая его из капилляра при помощи груши, а затем удаляют остатки растворителя водоструйным насосом, присоединенным к трубке 4.

В сухой вискозиметр через трубку 4 вносят градуированной пипеткой 5 мл раствора полимера и снова устанавливают вискозиметр в термостат. После 15-ти минутного термостатирования промывают капилляр и измерительный шарик указанным выше способом и измеряют не менее 5 раз время истечения раствора  $t$ , не забывая при этом открывать кран трубки 6.

Если  $\eta_{\text{отн.}}$  исходного раствора окажется значительно больше 1,5, то раствор разбавляют в вискозиметре, добавляя пипеткой определенное количество растворителя. После добавления растворителя раствор тщательно перемешивают нагнетанием воздуха грушей через трубку 5 при закрытом кране трубки 6.

Каждый раз после разбавления капилляр и измерительный шарик трижды прополаскивают раствором. Если  $\eta_{\text{отн.}}$  меньше 1,5, то приготавливают новый, более концентрированный раствор.

Раствор с  $\eta_{\text{отн.}}$  близкой к 1,5, разбавляют для последующих измерений вязкости таким образом, чтобы интервалы получаемых концентраций были приблизительно одинаковы. Для этого к 5 мл такого раствора последовательно добавляют 0,75; 1,0; 1,25; 2,0 и 4,00 мл растворителя, причем  $\eta_{\text{отн.}}$  наиболее разбавленного раствора не должна быть меньше 1,1.

Время истечения получаемых таким образом растворов с концентрациями  $C_1, C_2, C_3, C_4$  и  $C_5$  обозначается  $t_1, t_2, t_3, t_4, t_5$  ( $C_1$  - концентрация исходного раствора).

По окончании измерений раствор выливают из вискозиметра, а вискозиметр 2-3 раза тщательно промывают растворителем с обязательным многократным промыванием капилляра и измерительного шарика, после чего проверяют время истечения растворителя  $t_{0, \text{кон.}}$ . Среднее значение  $t_0$  должно воспроизводиться с точностью до 0,2-0,3 с. Результаты измерений вносят в таблицу.

#### Время истечения растворов при измерении вязкости

Растворитель	Растворы полимера					Растворитель
$t_{0, \text{нач.}}$	$t_1$	$t_2$	$t_3$	$t_4$	$t_5$	$t_{0, \text{кон.}}$

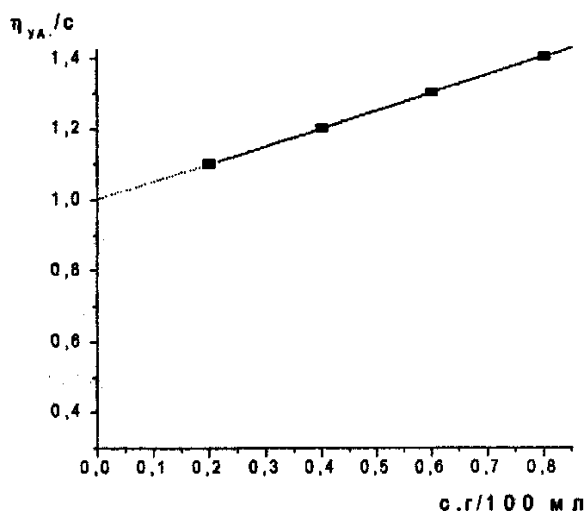
Для раствора каждой концентрации проводят 5 измерений и определяют среднее значение и ошибку измерений.

### Обработка результатов эксперимента:

Относительная вязкость:  $\eta_{отн.} = \frac{t}{t_0}$

Удельная вязкость:  $\eta_{уд.} = \frac{\eta - \eta_0}{\eta_0} = \frac{t - t_0}{t_0} = \eta_{отн.} - 1$       Приведенная вязкость:  $\eta_{прив} = \frac{\eta_{уд.}}{C}$

Рис.2. Зависимость приведенной вязкости от концентрации раствора полимера



Характеристическая вязкость:  $[\eta] = \left( \lim_{C \rightarrow 0} \frac{\eta_{уд.}}{C} \right)$

Зависимость характеристической вязкости от молекулярной массы полимера (уравнение Марка – Хаувинка):

$$[\eta] = K \cdot M^\alpha$$

Значение констант K и α для некоторых пар полимер-растворитель приведены в табл. 2.

Таблица 2

Полимер	Растворитель	T, °C	K·10 <sup>4</sup>	α
Полиакрилонитрил (ПАН)	Диметилформамид	25	3,92	0,75
Полиметилметакрилат (ПММА)	Ацетон	20	4,52	0,62
Полистирол	Бензол	20	1,23	0,72
	Толуол	25	1,7	0,69
Поливиниловый спирт	Вода	25	3,0	0,50
Полиэтилентерефталат	Фенол	50	5,52	0,71

### Задание:

Получите от преподавателя полимер и растворитель, составьте план исследований. На основе экспериментальных данных рассчитайте молекулярную массу полимера. Результаты эксперимента оформите в виде таблицы и сделайте выводы.

**Тестовые задания к рубежным аттестационным контрольным работам по дисциплине  
«Химия высокомолекулярных соединений» (образцы)**

**Блок 1**

При анионной полимеризации растущие цепи несут на концах  
частичный или полный положительный заряд  
частичный или полный отрицательный заряд  
свободный радикал  
катион-радикал

Катализаторами анионной полимеризации являются  
электроноакцепторные вещества  
электронодонорные вещества  
протонные кислоты  
апротонные кислоты

К анионной полимеризации склонны мономеры  
с повышенной энергией сопряжения  
с пониженной энергией сопряжения  
в молекулах которых отсутствует сопряжение  
относящиеся к оксосоединениям (карбонильным соединениям)

К анионной полимеризации склонны те из мономеров, у которых электронная плотность двойной связи:



понижена электроноакцепторными заместителями  
повышена электроноакцепторными заместителями  
повышена электронодонорными заместителями  
понижена электронодонорными заместителями.

Катализаторами анионной полимеризации являются  
основания Льюиса  
щелочные металлы  
кислоты Льюиса  
протонные кислоты  
катализаторы Фриделя-Крафтса

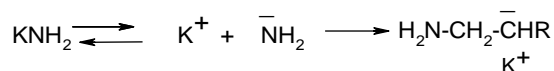
Катализаторами анионной полимеризации являются  
основания, металлоорганические соединения  
катализаторы Фриделя-Крафтса  
амид калия  
кислоты Льюиса

Активными катализаторами анионной полимеризации являются продукты, образующиеся при пропускании  
олефинов через смесь натрийалкила, алкоголята и галогенида натрия, называемые  
алкоголятные катализаторы  
олефиновые катализаторы  
"алфиновые катализаторы"  
алкилгалагенидные катализаторы

К анионной полимеризации более склонны мономеры с  
электронодонорными заместителями  
повышенной энергией сопряжения (стирол, диены)  
пониженной энергией сопряжения  
электроноакцепторными заместителями  
Электроноакцепторные заместители в молекуле мономера  
способствуют отщеплению аниона

способствуют присоединению катиона  
способствуют присоединению аниона  
не влияют на реакционную способность

Представленная реакция относится к стадии

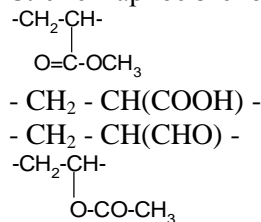


инициирования в присутствии  $\text{KNH}_2$  в среде жидкого аммиака  
роста цепи  
обрыва цепи  
дегидрирования

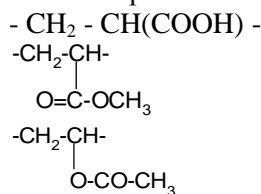
В присутствии металлоорганических соединений ( $\text{R}'\text{-Na}$ ) образование активного центра происходит путем образования нейтрального комплекса  
присоединения мономера к катиону катализатора  
присоединения мономера к аниону катализатора  
внедрения мономера по поляризованной связи металл-углерод

При анионной полимеризации, в процессе роста цепи, мономер занимает место между  
занимает место между макрокарбокатионом и противоионом  
занимает место между макрокарбанионом и противоионом  
присоединяется к макрорадикалу  
присоединяется к противоиону

Элементарное звено макромолекулы полиметилакрилата, получаемого анионной полимеризацией



Элементарное звено макромолекулы поливинилацетата, полученного анионной полимеризацией



Принципиальной особенностью анионной полимеризации является то, что в определенных условиях она протекает  
без реакции инициирования  
без элементарной реакции передачи цепи  
без элементарной реакции обрыва цепи  
с образованием "живых" полимеров

Установлено, что скорость анионной полимеризации пропорциональна

$$v = k \cdot [\text{M}]^2 \cdot \sqrt{[\text{Kt}]}$$

$$v = k \cdot [\text{M}] \cdot \sqrt{[\text{Kt}]}$$

квадрату концентрации мономера и корню квадратному из концентрации катализатора

$$v = k \cdot [\text{M}] / [\text{Kt}]$$

Мономеры, вступающие в анионную полимеризацию, по реакционной активности можно расположить в ряд:

бутадиен>метилметакрилат>метакрилонитрил>стирол>акрилонитрил

стирол>метилметакрилат>акрилонитрил>бутадиен  
акрилонитрил>бутадиен>метилметакрилат>стирол  
акрилонитрил>метакрилонитрил>метилметакрилат>стирол>бутадиен

При анионной полимеризации диенов (бутадиена натрием) два радикал-иона соединяются с образованием  
димера  
полимера  
радикала  
катион-радикала

Обрыв цепи при анионной полимеризации  
происходит в результате столкновения иона карбония растущей цепи с анионом  
связан с присоединением протона  
связан с отщеплением молекулы воды  
связан с отщеплением протона

Полимеризация, протекающая через образование ионов называется  
радикальной  
ионной  
этерификацией  
конденсацией

Инициаторами анионной полимеризации являются соединения, способные  
образовывать радикалы  
генерировать реакционноспособные анионы  
генерировать реакционноспособные катионы  
образовывать ион-радикалы

При анионной полимеризации растущая цепь имеет  
не имеет заряда - нейтральна  
имеет отрицательный заряд  
положительный заряд

Реакция иницирования в анионной полимеризации заключается во взаимодействии  
катиона с мономером  
аниона с мономером  
свободного радикала с мономером  
мономера с комплексными соединениями переходных металлов

В каких растворителях обычно проводят анионную полимеризацию  
в кислотных ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ )  
в основных ( $\text{NH}_3$ , ж)  
амфотерных ( $\text{H}_2\text{O}$ )  
в инертных ( $\text{C}_6\text{H}_{14}$ )

## Блок 2

Ионно-координационной полимеризацией называют каталитический процесс образования макромолекул, в котором стадии разрыва связи в мономере:  
предшествует возникновение координационного комплекса между мономером и активным центром  
предшествует возникновение макрорадикала  
предшествует возникновение макрокатиона  
предшествует возникновение макроаниона

Ионно-координационной полимеризацией называют  
каталитический процесс  
свободно-радикальный процесс

процесс гелеобразования  
процесс образования коллоидов

Катализаторы Циглера-Натта это:

комплексы  $\text{Al}(\text{C}_2\text{H}_5)_3$  с  $\text{TiCl}_4$

$\text{FeBr}_3$

$\text{TiCl}_2$  с  $\text{Al}(\text{CH}_3)_3$

$\text{TiCl}_4$

Анионно-координационная полимеризация протекает с участием

катализаторов Фриделя-Крафтса

катализаторов Циглера-Натта

постметаллоценовых катализаторов

литийорганических соединений

Комплексообразование мономер - катализатор обуславливает возможность синтеза

термореактивных полимеров

атактических полимеров

стереорегулярных полимеров

способствует снижению молекулярной массы полимера

Катализаторы, вызывающие стереорегулирование в процессе полимеризации называют

нестереоспецифическими

нестереоселективными

стереоселективными

стереоспецифическими

Наиболее распространенный катализатор Циглера-Натта

комплекс  $\text{BF}_3$  с водой

комплекс нингидрина с аммиаком

комплекс нитропруссиды натрия

комплекс тетрахлорида титана  $\text{TiCl}_4$  с триэтилалюминием  $\text{Al}(\text{C}_2\text{H}_5)_3$

Ионно-координационная полимеризация отличается от ионной тем, что акту присоединения мономера

предшествует его координация на катализаторе

предшествует его ионизация в растворе

способствует фотохимическое инициирование

предшествует его координация на активном центре

При полимеризации на катализаторах Циглера-Натта координация

обеспечивает присоединение мономера в определенном пространственном положении

обеспечивает присоединение мономера в беспорядочном пространственном положении

способствует усилению связи  $\text{Ti} - \text{C}$

способствует ослаблению связи  $\text{Ti} - \text{C}$

### Блок 3

Какого способа полимеризации не существует

полимеризация в твердой фазе

полимеризация в массе

полимеризация в суспензии

полимеризация в газовом разряде

Способы проведения полимеризации

в блоке

в растворе

в матрице

в вакууме

Блочная полимеризация заключается в полимеризации мономера  
в воде  
в присутствии органического растворителя  
в отсутствии растворителя  
в твердой фазе

Блочная полимеризация также называется  
полимеризацией в вакууме  
полимеризацией в массе  
полимеризацией в эмульсии  
полимеризацией в суспензии

По мере полимеризации в блоке  
затрудняется отвод тепла  
уменьшается вязкость среды  
улучшается отвод тепла  
увеличивается вязкость среды

Блочную полимеризацию проводят  
в присутствии органических перекисей  
в присутствии  $\text{SnCl}_4$   
в присутствии инициаторов  
в присутствии минеральных кислот

Блочную полимеризацию проводят  
с малой скоростью  
с высокой скоростью  
в большом объеме  
в небольшом объеме

По "лаковому" способу полимеризации, в качестве среды применяют растворитель, в котором  
растворяется только мономер  
растворяется и мономер, и полимер  
растворяется только полимер

Существует способ полимеризации, проводящийся в растворителе, в котором  
растворяется мономер, но не растворяется полимер  
растворяется полимер, но не растворяется мономер  
растворяется и мономер, и полимер

В растворе проводят главным образом  
фотохимическую полимеризацию  
радикальную полимеризацию  
каталитическую полимеризацию  
ионную полимеризацию

В качестве дисперсионной среды при полимеризации в эмульсии обычно используют  
минеральную кислоту  
воду  
эфир  
спирт

В зависимости от способа приготовления эмульсии мономера в воде и условий проведения полимеризации  
различают  
блочную



собственно эмульсионную (латексную)  
суспензионную (капельную)  
матричную

В качестве эмульгаторов при эмульсионной полимеризации применяют  
крахмал  
натриевые соли ароматических сульфокислот  
мыла  
клетчатку

Действие эмульгаторов состоит в  
уменьшение эмульгирования мономера в воде  
увеличение эмульгирования мономера в воде  
увеличение поверхностного натяжения  
снижение поверхностного натяжения

Создание поверхностной пленки эмульгатора на каплях мономера  
не влияет на стабилизацию эмульсии  
способствует разрушению эмульсии  
способствует стабилизации эмульсии  
способствует дестабилизации эмульсии

Межфазная поликонденсация проводится  
в растворе  
на границе раздела двух несмешивающих жидкостей  
в расплаве  
в твердой фазе

Большая продолжительность жизни радикала наблюдается при  
полимеризации в твердой фазе  
полимеризации в жидкой фазе  
газофазной полимеризации  
суспензионной полимеризации

Стабилизаторами эмульсии при проведении полимеризации являются  
крахмал и поливиниловый спирт  
метилцеллюлоза и этилен  
полиметакриловая кислота и бензол

К числу основных компонентов традиционного варианта эмульсионной полимеризации относятся  
мономер, вода  
водорастворимый инициатор  
регуляторы молекулярной массы  
уксусная кислота

Капельная (суспензионная) полимеризация отличается от собственно эмульсионной тем, что получается  
грубодисперсная газообразная взвесь  
более грубая эмульсия мономера в растворителе  
тонкая эмульсия мономера в воде  
однородная эмульсия

#### **Блок 4**

Поликонденсация  
необратимый процесс  
цепной процесс  
ступенчатый процесс

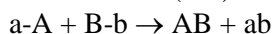
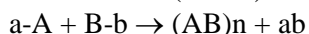
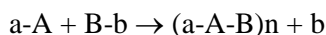
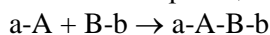
возможна обратимость

Поликонденсация - ступенчатый процесс получения полимеров из  
полифункциональных соединений  
монофункциональных соединений  
бифункциональных соединений  
виниловых мономеров

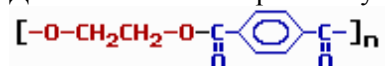
В гомополиконденсации участвуют молекулы  
двух мономеров, содержащих один тип функциональных групп  
двух мономеров, содержащего два типа функциональных групп  
одного мономера, содержащего два типа функциональных групп

Гетерополиконденсация - реакции с участием молекул мономеров, содержащих различные  
функциональные группы  
способные взаимодействовать друг с другом  
неспособные взаимодействовать друг с другом  
способные взаимодействовать с третьим мономером

Схематично реакцию поликонденсации можно записать в виде



Дайте название макромолекуле полимера и какой реакцией поликонденсации получается



гетерополиконденсация  
полиэтилентерефталат (лавсан)  
гомополиконденсация  
полигексаэтиленадипамид

Какой температурный режим следует выбрать для получения полиамида с более высокой молекулярной массой

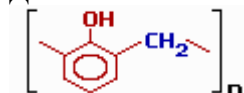
высокие температуры  
сначала низкие, потом повышенные температуры  
сначала высокие, потом пониженные температуры  
низкие температуры

В процессе поликонденсации мономер(-ы) исчерпывается (-ются):

в конце процесса  
на ранних стадиях реакции  
в середине процесса

Поликонденсация  
всегда сопровождается выделением НМС  
обычно сопровождается выделением НМС  
не сопровождается выделением НМС  
обычно обратимый процесс  
всегда необратимый процесс

Дайте название полимеру, и к какому типу реакции поликонденсации относится:



гетерополиконденсация

гомополиконденсация  
полиметиленфенол  
Полиформальдегид

Реакция с участием молекул мономера, содержащего различные функциональные группы называется  
гомополиконденсацией  
гетерополиконденсацией  
полициклоконденсацией  
кольчато-цепной поликонденсацией

Какой процесс протекает с выделением низкомолекулярных продуктов ( $H_2O$ ,  $NH_3$ ,  $H_2S$ )  
полимеризация  
поликонденсация  
катионная полимеризация  
анионная полимеризация

Линейные полимеры получают  
при поликонденсации полифункциональных мономеров  
при линейной поликонденсации монофункциональных мономеров  
при линейной поликонденсации бифункциональных мономеров  
при поликонденсации трифункциональных мономеров

Трехмерные (сетчатые, сшитые) структуры полимеров получают  
при линейной поликонденсации мономеров с бифункциональными группами  
при линейной полимеризации мономеров с трифункциональными группами  
при трехмерной поликонденсации мономеров с тремя или большим числом функциональных групп  
при поликонденсации мономеров с одной функциональной группой

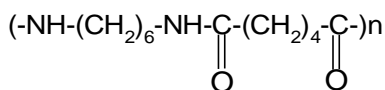
Для процессов поликонденсации характерны следующие параметры процесса  
строение элементарного звена полимера отличается от строения исходного мономера  
возможна обратимость процесса  
необратимость реакции  
строение составного звена эквивалентно строению мономера  
исчезновение молекул мономера в конце процесса

Различают равновесную и неравновесную поликонденсацию, принципиальным отличием этих процессов является:  
возможность протекания в обратимых процессах обратных реакций  
взаимодействие полимера с НМ продуктом  
невозможность протекания обратных реакций  
с низкомолекулярным продуктом полимер не взаимодействует

Прекращение образования полимера (обрыв цепи) при поликонденсации связано с:  
снижением реакционной способности функциональных групп  
возрастанием реакционной способности функциональных групп  
деактивацией концевых функциональных групп  
активацией концевых функциональных групп в конце процесса

Снижение реакционной способности функциональных групп мономеров связано с действием физических факторов таких, так:  
высокая вязкость системы  
низкая вязкость системы  
выпадение полимера в осадок  
увеличение давления и температуры

Назовите ниже приведенный поликонденсационный полимер, какова его структура и по какому типу реакции поликонденсации он получен:



гомополиконденсация

линейный

найлон

полиамид

## Блок 5

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? |

б, г, е, ж

а, б, д, з, и, к

б, г, д, е, з, и

Какие полимеры могут использоваться в производстве волокон

любые, независимо от гибкости макромолекул

линейные, гибкоцепные

пространственные, жесткоцепные

линейные, жесткоцепные

линейные и разветвленные, гибкоцепные

Вещества, через которые осуществляется передача цепи называются

антиоксидантами

антифризами

регуляторами

катализаторами

Укажите катализаторы катионной полимеризации

$\text{AlCl}_3$

$\text{Al}(\text{C}_2\text{H}_5)_3$

$\text{TiCl}_4$

$\text{SnCl}_4$

Взаимодействие карбкатиона с молекулами мономера представляют собой реакцию

инициирования процесса

обрыва цепи

рецикликации

роста цепи

Обрыв цепи реакции катионной полимеризации связан с:

отщеплением протона

присоединением протона

замещением протона на активную галогеноводородную группу

присоединением гидроксильной группы

Для протекания процесса инициирования катионной полимеризации в присутствии катализаторов

Фриделя-Крафтса необходимо наличие:

донора протона (вода, минеральная кислота)

сокатализатора

акцептора протона  
водоотнимающего средства

Молекулярную массу полистирола можно регулировать:  
скоростью перемешивания  
температурой полимеризации  
типом растворителя  
количеством растворителя

В зависимости от природы активного центра различают  
поликонденсацию  
радикальную полимеризацию  
полициклизацию  
ионную полимеризацию

Характеристика процесса полимеризации:  
цепной процесс  
ступенчатый процесс  
ионообменный процесс  
Характеристика процесса поликонденсации:  
цепной процесс  
ступенчатый процесс  
ионообменный процесс  
студнеобразный процесс

Механизм процесса полимеризации:  
последовательное присоединение по ионному или радикальному механизму  
замещение  
циклизация  
окислительно-восстановительный

Механизм процесса поликонденсации:  
последовательное присоединение по ионному или радикальному механизму  
замещение  
циклизация  
окислительно-восстановительный

Обратимость процесса поликонденсации:  
необратима  
возможность обратимости  
всегда обратима

Выделение низкомолекулярных соединений в процессе полимеризации:  
выделяются  
не выделяются  
возможно образование в ходе реакции  
невозможно образование в ходе реакции

Выделение низкомолекулярных соединений в процессе поликонденсации:  
выделяются  
не выделяются  
возможно образование в ходе реакции  
невозможно образование в ходе реакции

Строение составного звена полимера, образующегося в процессе полимеризации:  
эквивалентно строению мономера  
отличается от строения исходного мономера

только в отдельных звеньях полимера сохраняется

Строение составного звена полимера, образующегося в процессе поликонденсации:  
эквивалентно строению мономера  
отличается от строения исходного мономера  
только в отдельных звеньях полимера сохраняется

Исчезновение молекул мономера в процессе полимеризации:  
происходит в конце процесса  
происходит на ранних стадиях реакции  
происходит в середине процесса  
не происходит

Исчезновение молекул мономера в процессе поликонденсации:  
происходит в конце процесса  
происходит на ранних стадиях реакции  
происходит в середине процесса  
При поликонденсации образование полимера происходит за счет:  
взаимодействия функциональных групп  
разрыва кратных связей  
протекания циклизации  
протекания окислительно-восстановительных процессов

Осложняющими факторами протекания реакции поликонденсации являются:  
циклизация макромолекул  
деструкция макромолекул  
блокирование функциональных групп молекулами растворителя  
повышение вязкости реакционной системы  
нежелательные реакции функциональных групп с растворителями

Сопутствующими процессами реакций поликонденсации являются:  
циклизация макромолекул  
деструкция макромолекул  
блокирование функциональных групп молекулами растворителя  
повышение вязкости реакционной системы  
нежелательные реакции функциональных групп с растворителями

К физическим сопутствующим процессам реакции поликонденсации относят:  
блокирование функциональных групп молекулами растворителя  
повышение вязкости реакционной системы  
нежелательные реакции функциональных групп с растворителями  
видоизменение функциональных групп

К химическим сопутствующим процессам реакции поликонденсации относят:  
блокирование функциональных групп молекулами растворителя  
повышение вязкости реакционной системы  
нежелательные реакции функциональных групп с растворителями  
видоизменение функциональных групп

Для необратимых процессов поликонденсации характерны:  
высокие скорости  
малые значения энергии активации  
процессы экзотермичны  
малые скорости  
большие значения энергии активации

Для обратимых процессов поликонденсации характерны:

высокие скорости  
малые значения энергии активации  
процессы экзотермичны  
малые скорости  
большие значения энергии активации

Факторы, влияющие на молекулярную массу продуктов поликонденсации:  
глубина превращения мономеров в полимер  
соотношение исходных мономеров  
условия синтеза  
концентрации радикальных инициаторов  
радиационное излучение.

Для достижения высоких значений ММ получаемого полимера в процессах поликонденсации требуется:  
эквимолярное соотношение мономеров  
соотношение мономеров 1:3  
соотношение мономеров 2:3  
соотношение мономеров 2:5

При проведении реакции межфазной поликонденсации:  
константы скорости высоки  
константы скорости низки  
процесс проводится при низких температурах  
процесс проводится при высоких температурах

При проведении реакции межфазной поликонденсации:  
получается полимер с высокой молекулярной массой  
получается полимер с низкой молекулярной массой  
образующийся полимер разрушается  
мономеры дезактивируются

Укажите пример реакции гомополиконденсации:  
$$n\text{OH-R-COOH} \rightarrow [-\text{O-R-CO}-]_n + n\text{H}_2\text{O}$$
$$n\text{HO-R-OH} + n\text{HOOC-R'-COOH} \rightarrow [-\text{O-R-O-OC-R'-CO}-]_n + 2n\text{H}_2\text{O}$$
$$n\text{H}_2\text{N-R-COOH} \rightarrow \text{H}[-\text{NH-R-CO}-]_n\text{OH} + (n-1)\text{H}_2\text{O}$$
$$n\text{H}_2\text{N-R-NH}_2 + n\text{HOOC-R'-COOH} \rightarrow \text{H}[-\text{NH-R-NH-CO-R'-CO}-]_n\text{OH} + (2n-1)\text{H}_2\text{O}$$

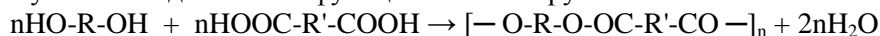
Укажите пример реакции гетерополиконденсации:  
$$n\text{OH-R-COOH} \rightarrow [-\text{O-R-CO}-]_n + n\text{H}_2\text{O}$$
$$n\text{HO-R-OH} + n\text{HOOC-R'-COOH} \rightarrow [-\text{O-R-O-OC-R'-CO}-]_n + 2n\text{H}_2\text{O}$$
$$n\text{H}_2\text{N-R-COOH} \rightarrow \text{H}[-\text{NH-R-CO}-]_n\text{OH} + (n-1)\text{H}_2\text{O}$$
$$n\text{H}_2\text{N-R-NH}_2 + n\text{HOOC-R'-COOH} \rightarrow \text{H}[-\text{NH-R-NH-CO-R'-CO}-]_n\text{OH} + (2n-1)\text{H}_2\text{O}$$

Из бифункциональных мономеров в реакции поликонденсации получают:  
линейные структуры полимеры  
сетчатые структуры полимеры  
сшитые структуры полимеров  
термореактивные полимеры

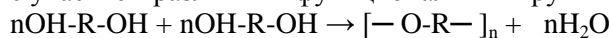
Из мономеров с тремя и большим числом функциональных групп в реакции поликонденсации образуются:  
линейные структуры полимеры  
сетчатые структуры полимеры  
сшитые структуры полимеров  
разветвленные структуры полимеров

Гомофункциональная поликонденсация – это реакция образования полимеров из мономеров:

с участием одинаковых функциональных групп

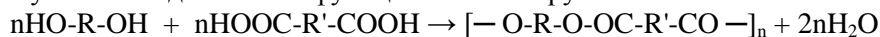


с участием различных функциональных групп

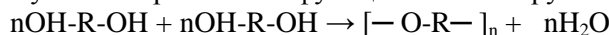


Гетерофункциональная поликонденсация – это реакция образования полимеров из мономеров:

с участием одинаковых функциональных групп



с участием различных функциональных групп



### Примеры рейтинговых заданий по дисциплине «Химия высокомолекулярных соединений»

#### Контрольная работа №1

1. Что является катализатором анионной полимеризации:
  - а) вещества основного, электродонорного характера, щелочные металлы, их гидриды и амиды;
  - б) органические соединения металлов 1 и 2 групп периодической системы Д.И. Менделеева;
  - в) органические пероксиды, гидроперекиси, азотсоединения;
  - г) протонные кислоты ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{H}_3\text{PO}_4$ ,  $\text{HClO}_4$ ) и кислоты Льюиса (соединения формулы  $\text{MeX}_n$ , где Me - металл, X - галоген:  $\text{BF}_3$ ,  $\text{AlCl}_3$ ,  $\text{SnCl}_4$ )?
2. Во сколько раз изменится средняя степень полимеризации  $\bar{x}$  полимера при полимеризации метилакрилата в массе, инициированной разложением азо-бис-изобутиронитрила при  $70^\circ\text{C}$ , если увеличить концентрацию инициатора в 4 раза (влиянием реакции передачи цепи пренебречь):
  - а) не изменится;
  - б) увеличиться в 2 раза;
  - в) уменьшится в 2 раза;
  - г) уменьшится в 4 раза;
  - д) увеличиться в 4 раза.
3. При радикальной сополимеризации стирола (А) и винил ацетата (В) константы сополимеризации равны  $r_A=55$  и  $r_B=0,01$ . Соплимер какой структуры образуется, если мономерная смесь имела состав 1:1?
  - а) АААА В АААА;
  - б) ВВВВ А ВВВВ;
  - в) АВАВАВАВ;
  - г) ААААВВВВ.

#### Контрольная работа №2

1. Какие мономеры нужно выбрать для получения полимера класса полиамидов?
  - а)  $\text{NH}_2(\text{CH}_2)_5\text{COOH}$ ;
  - б)  $\text{HO-R-OH} + \text{HOOC-R-COOH}$ ;
  - в)  $\text{NH}_2\text{-R-NH}_2 + \text{HOOC-R-COOH}$ ;
  - г)  $\text{NaO-R-ONa} + \text{HOOC-R-COOH}$ .
2. Как можно повысить молекулярную массу полимера, получаемого методом обратимой поликонденсации при данной степени превращения «Р»?



- а) повышением температуры;
- б) повышением концентрации катализатора;
- в) удалением выделяющегося НМС;
- г) введением монофункционального мономера.

3. Как изменится молекулярная масса поликонденсационного полимера, если в мономерную смесь ввести монофункциональный мономер?

- а) не изменится;
- б) увеличится;
- в) уменьшится.

### Контрольная работа №3

1. Какими методами можно определить среднемассовую молекулярную массу полимера:

- а) методами светорассеяния, ультрацентрифугирования, диффузионным;
- б) измеряя свойства, зависящие от числа частиц в растворе: осмотическое давление, эбулио- и криоскопия;
- в) измеряя вязкость растворов;
- г) химический метод по количеству концевых групп.

2. Что можно сказать о качестве растворителя, если зависимость приведенной вязкости раствора полимера от концентрации описывается уравнением:

$$\eta_{прив} = [\eta] + 0,6 \cdot [\eta]^2 \cdot C$$

- а) хороший растворитель;
- б) 9-растворитель;
- в) плохой растворитель;
- г) однозначно ответить нельзя.

3. Зависимость осмотического давления от молекулярной массы полимера и природы растворителя в соответствии с выводами Флори-Хаггинса выражается уравнением:

$$\frac{\Pi}{C_2} = RT \cdot (A_1 + A_2 \cdot C_2).$$

Как графически можно представить эту зависимость для полимергомологов в одном растворителе:

- а) веер прямых, пересекающихся в одной точке  $\left( \frac{RT}{M_2} \right)$ ;
- б) параллельные прямые с наклоном в зависимости от константы Хаггинса;
- в) прямые, параллельные оси абсцисс ( $A_2=0$ ).

### Примеры билетов к зачету по дисциплине «Химия высокомолекулярных соединений»

#### БИЛЕТ № 1

1. Предмет и задачи науки о высокомолекулярных соединениях. Роль полимеров в живой природе и их значение, как промышленных материалов.
2. Структура полимеров. Конформация макромолекул. Гибкость цепи полимеров.
3. Укажите различия в структуре мономеров для полимеризации и поликонденсации.

**БИЛЕТ № 2**

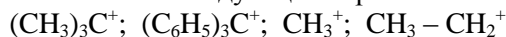
1. Основные отличия ВМС от НМС. Природные и синтетические полимеры.
2. Радикальная полимеризация. Способы инициирования свободно-радикальной полимеризации: фото-, термическое инициирование, использование химических инициаторов. Примеры.
3. Полиэтилен. Способы получения. Свойства макромолекул полиэтилена, в зависимости от способов получения. Применение.

**БИЛЕТ № 3**

1. Классификация полимеров по химической природе атомов, образующих главную цепь полимера.
2. Молекулярная масса (ММ) полимеров, как средняя количественная характеристика массы молекул полимеров.
3. Полипропилен. Способы получения, свойства, применение.

#### БИЛЕТ № 4

1. Классификация полимеров по принадлежности макромолекулы к определенному классу химических соединений. Примеры.
2. Реакции отверждения. Инициаторы и катализаторы отверждения. Точка гелеобразования.
3. При ионной полимеризации винильных производных активным центром является карбион. Расположите в порядке увеличения реакционной активности следующие карбкатионы:



#### БИЛЕТ № 5

1. Гомополимеры и сополимеры, типы сополимеров. Примеры.
2. Природа растворов ВМС. Свойства растворов полимеров. Ограниченное и неограниченное набухание. Фазовые диаграммы состояния растворов полимеров. Студни.
3. Расположите мономеры в порядке увеличения их активности в реакции полимеризации:

*бутадиен; изобутилен; акрилонитрил; стирол; трихлорэтилен*

#### БИЛЕТ № 6

1. Классификация полимеров по геометрии строения их цепей макромолекул.
2. Методы определения молекулярной массы полимеров: осмометрический, вискозиметрический, диффузионный.
3. Расположите ниже приведенные растворители в порядке уменьшения, с их участием, скорости передачи цепи для большинства макрорадикалов:

*этилбензол; четыреххлористый углерод; гидрохинон; амины; толуол; фенол*

#### БИЛЕТ № 7

1. Основные понятия химии ВМС: мономер, полимер, олигомер, макромолекула, полимерная цепь, звено цепи, степень полимеризации. Связь между ММ мономера и полимера. Специфика понятия «молекулярная масса полимера» применительно к полимерным веществам.
2. Ионная полимеризация, ее зависимость от природы мономера и типа применяемого катализатора.
3. Полиизобутилен. Способы получения, свойства, применение.

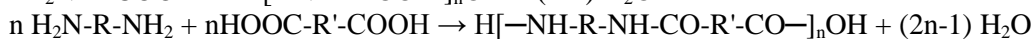
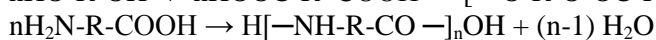
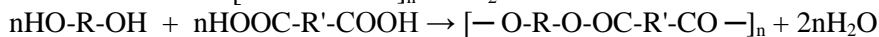
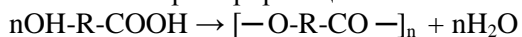
#### БИЛЕТ № 8

1. Классификация полимеров по характеристике регулярности строения главной цепи. Примеры.
2. Химические реакции и химические превращения полимеров. Полимераналогичные превращения.
3. Расположите следующие мономеры в порядке уменьшения относительной активности в реакции катионно-цепной сополимеризации:

*изопрен; n-метоксистирол; стирол; изобутилен; винилацетат; метилметакрилат*

#### БИЛЕТ № 9

1. Катализаторы катионной полимеризации, роль сокатализаторов. Механизм процесса. Элементарные стадии, их скорость.
2. Классификация полимеров по принадлежности макромолекулы к определенному классу химических соединений, по химической природе атомов, образующих главную цепь полимера. Примеры.
3. Укажите пример реакции гомо- и гетерополиконденсации:



### БИЛЕТ № 10

1. Строение мономеров, способных вступать в реакцию поликонденсации. Функциональность мономеров и их способность образовывать линейные и сетчатые полимеры. Примеры.
2. Три физических состояния аморфных полимеров. Температуры переходов: температура стеклования ( $T_g$ ) и температура текучести ( $T_f$ ).
3. Получение фенольно-формальдегидных смол (новолачные, резольные).

### БИЛЕТ № 11

1. Катионная полимеризация. Катализаторы и сокатализаторы. Влияние природы растворителя.
2. Определение молекулярного веса полимера вискозиметрическим методом, методами ультрацентрифугирования, светорассеяния.
3. Поливинилхлорид. Способы получения, свойства, применение.

### БИЛЕТ № 12

1. Анионная полимеризация, применяемые в реакции катализаторы. Основные стадии процесса.
2. Реакции деструкции и сшивания полимерных цепей. Физическая деструкция, химическая гидролитическая деструкция гетероцепных полимеров. Примеры.
3. Полиуретаны. Получение, применение.

### БИЛЕТ № 13

1. Способы проведения реакции полимеризации. Полимеризация в массе, растворе, эмульсии.
2. Термическая, химическая, окислительная деструкция; механизм реакций окисления полимеров. Антиоксиданты.
3. Полиакрилонитрил. Получение, применение.

### БИЛЕТ № 14

1. Получение полимеров методом поликонденсации: ее основные особенности, отличие от реакции полимеризации.
2. Термомеханические кривые аморфных полимеров. Влияние молекулярной массы полимеров на температуру стеклования.
3. Напишите уравнение прекращения роста цепи при получении полиамидов, путем добавления кислоты.

### БИЛЕТ № 15

1. Типы реакций поликонденсации. Равновесная и неравновесная поликонденсация, гомо- и гетерополиконденсация. Примеры.
2. Три физических состояния аморфных полимеров. Температуры переходов: температура стеклования ( $T_g$ ) и температура текучести ( $T_f$ ).
3. Как называются полимеры, полученные из мономеров:  $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}_3$ ;  $\text{CH}_2=\text{CHCl}$  и  $\text{CH}_2=\text{C}(\text{CH}_3)_2$ . Какими способами их получают.

### БИЛЕТ № 16

1. Реакции деструкции и сшивания полимерных цепей. Физическая деструкция, химическая гидролитическая деструкция гетероцепных полимеров.
2. Физических состояния аморфных полимеров. Влияние молекулярной массы полимеров на температуру стеклования.
3. Полистирол. Способы получения, свойства, применение.

### **БИЛЕТ № 17**

1. Термическая, химическая, окислительная деструкция; механизм реакций окисления полимеров. Антиоксиданты.
2. Стеклообразное, высокоэластичное и вязкотекучее состояние полимеров.
3. Элементоорганические соединения. Эластомеры. Полисилоксаны.

### **БИЛЕТ № 18**

1. Методы получения высокомолекулярных соединений. Катионная полимеризация.
2. Природа растворов ВМС. Свойства растворов полимеров. Ограниченное и неограниченное набухание.
3. В чем отличие равновесной поликонденсации от неравновесной? В каком случае получается полимер с более высокой молекулярной массой и почему?

### **БИЛЕТ № 19**

1. Агрегатные и фазовые состояния веществ. Аморфные, кристаллические, кристаллизующиеся полимеры.
2. Типы реакций поликонденсации. Равновесная и неравновесная поликонденсация, гомо- и гетерополиконденсация. Примеры.
3. Перечислите возможные методы (приемы) повышения молекулярной массы полимера при поликонденсации.

### **БИЛЕТ № 20**

1. Классификация полимеров по принадлежности макромолекулы к определенному классу химических соединений.
2. Относительная, приведенная и характеристическая вязкость. Связь характеристической вязкости с молекулярной массой полимера. Средневязкостная молекулярная масса полимера.
3. Полиэтилен. Способы получения. Свойства макромолекул полиэтилена, в зависимости от способов получения. Применение.

## **9. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

### **а) Литература основная**

1. Семчиков Ю.Д. Высокомолекулярные соединения. - М.: Академия, 2014. – 363 с.
2. Киреев В.В. Высокомолекулярные соединения. – М.: Юрайт, 2015. – 602 с.
3. Хакимуллин Ю.Н. Химия и физика полимеров. Физическое состояние полимеров: учебное пособие / Хакимуллин Ю.Н. – Казань : Издательство КНИТУ, 2017.–141 с.–ISBN 978-5-7882-2215-8. – Текст: электронный // ЭБС "Консультант студента": [сайт]. - URL: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785788222158.html>.
4. Свиридов Е.Б. Книга о полимерах: свойства и применение, история и сегодняшний день материалов на основе высокомолекулярных соединений / Е.Б.Свиридов, В.К.Дубовой – Архангельск: ИД САФУ, 2016. – 392 с. – ISBN 978-5-261-01096-8 – Текст: электронный // ЭБС "Консультант студента": [сайт]. – URL: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785261010968.html>.
5. Шипина О.Т. Термический анализ в изучении полимеров : учебное пособие / О.Т.Шипина, В.К. Мингазова, В.А. Петров, А.В. Косточко. – Казань : Издательство КНИТУ, 2014. – 99 с. – ISBN: 978-5-7882-1538-9 – Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. – URL: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785788215389.html>.
6. Кузнецов В.А. Практикум по высокомолекулярным соединениям. / В.А.Кузнецов; Министерство образования и науки РФ, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Воронежский государственный университет». – Воронеж: Издательский дом ВГУ, 2014. – 167 с. : схем., табл. – (Учебник Воронежского государственного университета). – Режим доступа: по подписке. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=441593>. – Библиогр. в кн. – ISBN 978-5-9273-2141-4.

**б) Литература дополнительная**

8. Оудиан Дж. Основы химии полимеров. - М.: Мир, 1974. – 614 с.
- Каргин В.А., Сломинский Г.Л. Краткие очерки по физикохимии полимеров. - М. : Химия, 1967. – 175 с.
9. Энциклопедия полимеров в 3-х томах. - М.: Советская энциклопедия. 1972, 1974, 1977.
10. Шур А.М. Высокомолекулярные соединения. - М.: Высшая школа, 1981. – 656 с.
11. Практикум по высокомолекулярным соединениям под ред. Акад. В.А. Кабанова. - М.: «Химия», 1985.
12. Штильман И.И. Технология полимеров медико-биологического назначения. Полимеры природного происхождения: учебное пособие. / М. И. Штильман – 2-е изд. (эл.). – М. : БИНОМ, 2016. – 331 с. – ISBN 978-5-93208-198-3 Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента": [сайт]. – URL: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785932081983.html>.

**в) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы**

№ п/п	Наименование	№ договора (лицензия)
1.	Windows 10 Enterprise	№ 4100072800 Microsoft Products (MP SA) от 04.2016г
2.	Windows 10 ProforWorkstations	№ 4100072800 Microsoft Products (MP SA) от 04.2016г
3.	Windows 8.1 Enterprise	№ 4100072800 Microsoft Products (MP SA) от 04.2016г
4.	Windows 8.1 Professional	№ 4100072800 Microsoft Products (MP SA) от 04.2016г
5.	Windows 8 Enterprise	№ 4100072800 Microsoft Products (MP SA) от 04.2016г
6.	Windows 8 Professional	№ 4100072800 Microsoft Products (MP SA) от 04.2016г
7.	OfficeStandard 2016	№ 4100072800 Microsoft Products (MP SA) от 04.2016г
8.	OfficeStandard 2013	№ 4100072800 Microsoft Products (MP SA) от 04.2016г
9.	Система тестирования SunravWEBClass	№468 от 03.12.2013 ИП Сунгатулин Р.Т.(бессрочно)

Обеспечен доступ к современным профессиональным базам данных, информационным справочным и поисковым системам (библиотека СОГУ):

- библиотеке e-library,
- электронная библиотека учебной литературы (Университетская библиотека ON Line)

[http://biblioclub.ru/index.php?page=razdel&sel\\_node=1412](http://biblioclub.ru/index.php?page=razdel&sel_node=1412)

[http://biblioclub.ru/index.php?page=book\\_view&book\\_id=144210](http://biblioclub.ru/index.php?page=book_view&book_id=144210)

Обеспечен доступ к современным профессиональным базам данных, информационным справочным и поисковым системам (библиотека СОГУ):

- **Электронная библиотека диссертаций и авторефератов РГБ (ЭБД РГБ)**  
Требуется регистрация в библиотеке СОГУ
- **ЭБС «Университетская библиотека ONLINE»**  
Требуется регистрация в библиотеке СОГУ
- **ЭБС «Научная электронная библиотека eLibrary.ru»**  
Самостоятельная регистрация на сайте
- **ЭБС «Консультант студента» Студенческая электронная библиотека по медицинскому и фармацевтическому образованию, а также по естественным и точным**

### **наукам в целом**

Требуется регистрация в библиотеке СОГУ

- **ЭБС «Юрайт» — образовательная среда, включающая виртуальный читальный зал учебников и учебных пособий от авторов из ведущих вузов России по всем направлениям и специальностям**

Требуется регистрация в библиотеке СОГУ

- **SpringerCustomerServiceCenterGmbH** (база данных, содержащие электронные издания издательства SpringerNature за период 2011 — 2017 гг. (полнотекстовая коллекция в количестве 46 332 книг)

**Личный кабинет на сайте СОГУ <http://portal.nosu.ru/>**

**Сайт дистанционного обучения СОГУ <http://lms.nosu.ru/>**

### **Рекомендуемые интернет-адреса по химии:**

1. Weisberg M., Needham P., Hendry R. Philosophy of Chemistry (First published Mar 14, 2011) // The Stanford Encyclopedia of Philosophy. Edited by Edward N. Zalta. <http://plato.stanford.edu/entries/chemistry/>
2. HYLE. International Journal for Philosophy of Chemistry. <http://www.hyle.org/journal/concept.htm>

### **Базы данных:**

1. **Scopus** <https://www.scopus.com/>
2. **Web of Science** <https://clarivate.com/webofsciencegroup/solutions/web-of-science/>

### **г) методические указания, разработанные составителями Рабочей программы.**

1. *Чигорина Т.М. Введение в химию высокомолекулярных соединений* : учеб.-метод. пособие для студентов химико-технологических факультетов. //Т.М.Чигорина; ФГБОУ ВО «Северо-Осетинский государственный университет им. К.Л.Хетагурова» – Владикавказ, 2018. – 87 с.
2. *Чигорина Т.М. Практикум «Высокомолекулярные соединения»*: учеб.-метод. пособие для студентов химико-технологического факультета (бакалавриат), направление – химия (04.03.01) / Т.М.Чигорина; ФГБОУ ВО «Северо-Осетинский государственный университет им. К.Л.Хетагурова» – Владикавказ, 2018. – 44 с.

**Электронные ресурсы обеспечивающие реализацию образовательных программ  
ФГБОУ ВО «Северо-Осетинский государственный университет имени Коста Левановича Хетагурова»**

<b>№ №</b>	<b>Наименование Электронного ресурса</b>	<b>Принадлеж- ность</b>	<b>Адрес сайта</b>	<b>Сведения о право- обладателе</b>	<b>№ договора на право использования ЭБС</b>	<b>Срок действия заключенного договора</b>	<b>Кол-во точек доступа/ пользователей</b>	<b>Характеристика доступа</b>
1	<b>ЭБС "Университетская библиотека Online"</b>	Сторонняя	<a href="http://www.biblioclub.ru">http://www.biblioclub.ru</a>	ООО «Некс- Медиа»	Договор № 135-06/14 от 12.09.2014 г.	12.09.2014 г.-11.09.2015 г.	7000	По IP-адресу безлимитный
					Договор № 167-08/15 от 12.09.2015 г.	12.09.2015 г.-11.03.2016 г.	7000	
					Договор № 58-02/16 от 09.03.2016 г.	12.03.2016 г.-11.09.2016 г.	7000	
					Договор № 202-08/16 от 24.08.2016 г.	12.09.2016 г.-11.03.2017 г.	7000	
					Договор № 069-02/17 от 13.03.2017	12.03.2017 г.-11.03.2018 г.	7000	
					Договор № 184-08/17 от 04.09.2017	12.09.2017 г.-11.03.2018 г.	7000	
					Договор № 056-02/18 от 25.05.2018	16.04.2018 г.- 16.10.2018 г.	7000	
					Договор № 163-10/18 от 30.10.2018	17.10.2018 г.-31.12.2018 г.	7000	
					Договор № 21-02/2019 от 14.02.2019	01.01.2019 г.- 30.06.2019 г.	7000	
					Договор № 75-06/19 от 08.07.2019	01.07.2019 г.-31.12.2019 г.	7000	



## **10. Материально-техническое оснащение дисциплины:**

**Лаборатория Общей, физической и коллоидной химии для проведения занятий семинарского типа, лабораторных занятий, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, а также самостоятельной работы обучающихся:**

преподавательский стол, стул, столы и стулья для обучающихся, лабораторные столы, классная доска.

Оборудование: Мультимедийный проектор с экраном (Мультимедийный проектор OPTOMA projector DX32, с потолочным креплением и наб. кабелей – 1 шт. Компьютер д/комп. класса Pentium 4-506 Foxconn 915 GL7MH-S 512 Mb ОЗУ+/клавиат – 1шт. с программным обеспечением, выходом в сеть Интернет и доступом в электронную информационно-образовательную среду СОГУ.

Программное обеспечение: Microsoft Windows 7 Professional; Microsoft Office Standard 2016; 7-zip; WinRAR; Adobe Acrobat Reader; STDU Viewer; Mozilla Firefox; Google Chrome; Kaspersky Free; Система тестирования Sunrav WEB Class (Бессрочное ПО); Программное обеспечение для редактирования химических формул Isis Draw (Бессрочное ПО); Консультант плюс; Система поиска текстовых заимствований «Антиплагиат ВУЗ»; Программа для ЭВМ «Банк вопросов для контроля знаний»; Гарант; Cisco Webex; демонстрационные и учебно-наглядные пособия (видеопрезентация).

Вытяжной шкаф- 1 шт. Ионмер И-510 стандартный – 2 шт. Колориметр КФК-2МП – 1 шт. Калориметр КЛ-5 – 1шт. Рефрактометр ИРФ 454Б-2М с подсветкой – 1 шт. Поляриметр круговой СМЗ – 1 шт. Кондуктометр МАРК-603/1 – 1 шт. Весы лабораторные CAS MW120 – 1 шт. Весы лабораторные прецизионные ЕТ-300П – 1 шт. Анализатор «Эксперт-001» – 1 шт. Термостат HUBER – 1 шт. рН-метр «Анион-4100» - 1 шт. рН-метр-милливольтметр рН-150 МИ-1 шт. Весы AND HL- 1 шт. Весы WT-250- 1 шт. Магнитная мешалка ПЭ-6110- 1шт. Баня водяная- 1 шт. Микроскоп «Мир 2»- 1 шт. рН-метр рН-340 – 1 шт. Центрифуга ОПН -3- 1 шт.

**Библиотека, в том числе читальный зал:** столы, стулья; ПК обучающихся, с программным обеспечением, выходом в сеть Интернет и доступом в электронную образовательную среду СОГУ.

Программное обеспечение: Microsoft Windows 7 Professional; Microsoft Office Standard 2016; 7-zip; WinRAR; Adobe Acrobat Reader; STDU Viewer; Mozilla Firefox; Google Chrome; Kaspersky Free (Свободное ПО);

ЭБС «Университетская библиотека ONLINE» <https://biblioclub.ru>;

ЭБС «Консультант студента» <http://www.studentlibrary.ru> студенческая электронная библиотека по медицинскому и фармацевтическому образованию, а также по естественным и точным наукам в целом;

ЭБС «Юрайт» - образовательная среда, включающая виртуальный читальный зал учебников и учебных пособий от авторов из ведущих вузов России по всем направлениям и специальностям [www.biblio-online.ru](http://www.biblio-online.ru);

демонстрационные и учебно-наглядные пособия (видеопрезентация).

## **11. Лист обновления/актуализации**

Программа обновлена в 2020 г.

Внесены дополнения и изменения:

- в список литературы;
- в программное обеспечение;
- в формы проведения занятий в дистанционном и смешанном форматах, в том числе проведения рубежных аттестаций;

- в перечень материально-технического обеспечения, современных профессиональных баз данных и информационных справочных системах.

Программа рассмотрена и утверждена на заседании кафедры органической химии

от «14» июля 2020 г., протокол № 12/19-20.

Программа одобрена на заседании совета факультета химии, биологии и биотехнологии от «30» июня 2020 г., протокол № 10/19-20.

Учебный план утвержден ученым советом ФГБОУ ВО «СОГУ» 30.04. 2020 г., протокол № 9.

Программа была актуализирована в 2019 г.

Программа рассмотрена и утверждена на заседании кафедры органической химии от «28» июня 2019 г. протокол № 11.

Программа одобрена на заседании совета факультета химии, биологии и биотехнологии от «01» июля 2019 г., протокол № 12.

Учебный план утвержден ученым советом ФГБОУ ВО «СОГУ» 28.05.2019 г., протокол № 10.

Программа была актуализирована в 2018 г.

Программа рассмотрена и утверждена на заседании кафедры органической химии от «20» июня 2018 г. протокол № 11 г.

Программа одобрена на заседании совета факультета химии, биологии и биотехнологии от «29» июня 2018 г., протокол № 11.

Учебный план утвержден ученым советом ФГБОУ ВО «СОГУ» от 28.04. 2018 г., протокол № 12.

Программа была актуализирована в 2017 г.

Программа рассмотрена и утверждена на заседании кафедры органической химии От «27» июня 2017 г., протокол № 8.

Программа одобрена на заседании совета факультета химии, биологии и биотехнологии от «30» июня 2017 г., протокол № 10.

Учебный план утвержден ученым советом ФГБОУ ВО «СОГУ» от 27.04.2017 г, протокол № 11.