

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ТГПУ)

Утверждаю  
Проректор по учебной работе (Декан)

« 10 » \_\_\_\_\_ 10 \_\_\_\_\_ 2010 года 

ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

**ЕН.Ф.04.3**

**ХИМИЯ ВЫСОКОМОЛЕКУЛЯРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ**

### 1. Цели и задачи дисциплины.

Цель - ознакомить студентов с основами химии высокомолекулярных соединений в объеме соответствующем обязательному минимуму, изложенному в ГОС ВПО.

Задачи:

- 1) Познакомить студентов с разнообразием ВМС и их особенностями.
- 2) Познакомить студентов с некоторыми видами анализа и синтеза высокомолекулярных соединений.

### 2. Требования к уровню освоения содержания дисциплины:

В ходе изучения данной дисциплины студенты должны:

- знать: виды полимеров, их физико-химические особенности, методы анализа и синтеза ВМС и практическое использование полимеров;
- уметь: характеризовать физико-химические свойства ВМС, их структуру, определять свойства полимеров и на их основе объяснять область применения этих соединений.

### 3. Объем дисциплины и виды учебной работы:

Вид учебной деятельности	Всего часов	Семестр
		6
Общая трудоемкость дисциплины	100	100
Аудиторные занятия	57	57
Лекции	38	38
Практические занятия (ПЗ)		
Семинары (С)		
Лабораторные работы	19	19
И (или) другие виды аудиторных занятий		
Самостоятельная работа	43	43
Курсовая работа (проект)		*
Расчетно-графические работы		
Реферат		*
И (или) другие виды самостоятельной работы		
Вид итогового контроля	экзамен	экзамен

### 4. Содержание дисциплины:

#### 4.1. Разделы дисциплины и виды занятий:

№ п/п	Раздел дисциплины	ЛС	ПЗ (С)	ЛР
1	Полимеры, их разнообразие и химические особенности	4	-	3
2	Важнейшие представители природных и синтетических ВМС	8	-	0

3	Макромолекулы и их поведение в растворах	8	-	4
4	Полимерные тела, их структура и физико-механические характеристики	6	-	4
5	Химические свойства и превращения полимеров	6	-	4
6	Синтез полимеров и их практическое использование	6	-	4
ИТОГО:		38	-	19

#### 4.2. Содержание разделов дисциплины:

4.2.1. *Полимеры, их разнообразие и химические особенности.* Общие сведения о ВМС. Классификация ВМС. Номенклатура ВМС.

4.2.2. *Важнейшие представители природных и синтетических ВМС:* пластмассы, волокна, каучуки, смолы.

4.2.3. *Макромолекулы и их поведение в растворах:* приготовление растворов ВМС и их свойства.

4.2.4. *Полимерные тела, их структура и физико-механические характеристики:* методы проведения полимеризации и поликонденсации, изучение структуры и физико-механических характеристик ВМС.

4.2.5. *Химические свойства и превращения полимеров:* полимераналогичные превращения и деструкция ВМС.

4.2.6. *Синтез полимеров и их практическое использование:* получение некоторых представителей ВМС, изучение разнообразия получаемых в РФ и за рубежом ВМС и их применение.

#### 5. Лабораторный практикум.

№ п/п	Раздел дисциплины	Наименование лабораторных работ
1	4.2.1. Полимеры, их разнообразие и химические особенности	Полимеры вокруг нас (знакомство с коллекцией полимеров, описание их свойств и применения).
2	4.2.3. Макромолекулы и их поведение в растворах	Приготовление растворов ВМС (растворение и набухание).
3	4.2.4. Полимерные тела, их структура и физико-механические характеристики	Изучение структуры и физико-механических характеристик ВМС.
4	4.2.5. Химические свойства и превращения полимеров	Полимераналогичные превращения.
5	4.2.6. Синтез полимеров и их практическое использование	Получение и свойства волокон. Сополимеризация.

#### 6. Учебно-методическое обеспечение дисциплины:

##### 6.1. Рекомендуемая литература:

а) основная литература:

1. Семчиков, Ю. Д. Высокомолекулярные соединения: Учебник для вузов / Ю. Д. Семчиков. - 2-е изд. - М. : Академия, 2005. - 366 с.

2. Семчиков, Ю. Д. Высокомолекулярные соединения: Учебник для вузов / Ю. Д. Семчиков. - 3-е изд. - М. : Академия, 2006. - 366 с.

*б) дополнительная литература:*

1. Орлова, О. В. Технология лаков и красок / О. В. Орлова, Т. Н. Фомичева. - М. : Химия, 1990.
2. Маслова, И. П. Химические добавки к полимерам / И. П. Маслова, К. А. Золотова. - М. : Химия, 1973.
3. Чернин, И. З. Эпоксидные полимеры и композиции / И. З. Чернин, Ф. М. Смехов, Ю. В. Жердев. - М. : Химия, 1982.

## **6.2. Средства обеспечения освоения дисциплины:**

Тестовые задания (в электронном варианте). Коллекции пластмасс (учебно-школьная), каучуков (учебно-школьная), природных и синтетических волокон (учебная), коллекция полимеров, композиций, добавок и изделий (собрана на предприятиях г. Томска).

## **7. Материально-техническое обеспечение дисциплины**

Специализированная химическая лаборатория химической технологии и химии ВМС.

## **8. Методические рекомендации и указания по организации изучения дисциплины.**

### **8.1. Методические рекомендации преподавателю:**

Курс является обзорным и изучается в пятом семестре. Он направлен на приобретение студентами знаний по химии высокомолекулярных соединений и их применению. Полимеры, волокнообразующие полимеры, сополимеры, растворы полимеров, макромолекулы их строение и свойства. Теоретические знания, полученные из лекционного курса, закрепляются на лабораторных занятиях, на которых также вырабатываются практические умения обращения с химическим оборудованием и реактивами. Промежуточные срезы знаний проводятся после изучения основным тем курса. Промежуточный срез знаний проводится письменно (контрольные работы) и (или) тестированием. Тестирование проводится в компьютерном классе с использованием специальной программы. Задания находятся на сайте ТГПУ. Тестирование студенты могут осуществлять в свободном доступе в качестве самостоятельной подготовки, как по отдельным темам, так и по семестрам. Каждый семестр заканчивается итоговым экзаменом. В течение всего обучения студенты выполняют индивидуальные задания, разрабатываемыми преподавателями по всем изучаемым темам курса, могут выполнять курсовую работу или рефераты.

## 8.2. Методические указания для студентов:

### 8.2.1. Перечень примерных контрольных вопросов и заданий для самостоятельной работы:

1. Напишите схему отверждения эпоксидной смолы гексаметилендиамином. Почему эпоксидные смолы широко используются в клеевых композициях?
2. Фотохимические превращения в полимерах под действием УФ и видимого света. Фотоллиз и фотоокисление полимеров.
3. Что такое резолы, резиты и новولاки? Как они отличаются по структуре, растворимости, молекулярной массе и молекулярно-массовому распределению?
4. Объясните, почему при полимеризации стирола, инициируемой натрий-нафталином в тетрагидрофуране эффективная энергия активации «живой» анионной полимеризации меньше, чем в диоксане?
5. Поясните, в чем заключается сущность принципа температурно-временной суперпозиции.
6. Почему каучук неустойчив к действию брома (подтвердите схемой реакции)?
7. Напишите схему фрагмента цепи бутадиеннитрильного каучука, считая, что он представляет собой регулярный полимер, в котором на один остаток акрилонитрила приходится три остатка бутадиена, и что бутадиен реагирует только в положении 1,4.
8. Приведите строение участка цепи полимера, при озонлизе которого образуется дикетон  $\text{CH}_3\text{COCH}_2\text{CH}_2\text{COCH}_3$ . Каково строение исходного мономера?
9. Напишите проекционные формулы фрагментов молекул *цис*-полиизопрена и *транс*-полиизопрена. Сколько изопреновых звеньев должно содержаться в макромолекуле натурального каучука, если молекулярная масса – один миллион?
10. Напишите схему реакции сополимеризации бутадиена-1,3 с тетрафторбутадиеном ( $\text{CF}_2=\text{CH}-\text{CH}=\text{CF}_2$ ) – получение фторкаучука.
10. Напишите схему фрагмента цепи бутадиен-стирольного каучука (СКС), считая, что он представляет собой регулярный полимер, в котором на одно стирольное звено приходится три бутадиеновых, и, что бутадиен реагирует только в положении 1,4.
11. Рассмотрите механизм радикальной полимеризации бутадиена-1,3. Инициатор – пероксид ацетила. Что такое реакции переноса цепи и как они происходят?
12. Молекулярная масса инсулина равна 6000. При гидролизе 1,8 г инсулина получили 2,07 г продуктов гидролиза. Какое число остатков аминокислот входит в состав молекулы инсулина?
13. Напишите схему полимеризации бутадиена-1,3 в присутствии металлического натрия, если известно, что полимер содержит 70% звеньев 1,2-присоединения и 30% звеньев 1,4-присоединения. Предложите механизм реакции.

14. Хлоропреновый каучук получают радикальной полимеризацией хлоропрена. Предложите механизм реакции, в качестве инициатора используйте азо- бис(изобутиронитрил).
15. Приведите схему получения фторопласта тефлона. Охарактеризуйте свойства этого полимера. Объясните большую устойчивость перфторуглеводородов к воздействию химических реагентов.
16. Расположите следующие соединения в порядке увеличения реакционной способности в реакции катионной полимеризации: бутадиен-1,3, изобутилен, акрилонитрил, винилацетат.
17. В каком ряду изменяется реакционная способность мономеров и соответствующих им радикалов: стирол, бутадиен-1,3, винилхлорид, винилацетат, акрилонитрил?
18. Изобразите возможные конформации свободно сочлененной цепи. Какая конформация наиболее предпочтительна для гибкоцепных макромолекул?
19. Напишите схему реакции поликонденсации фенола с формальдегидом в кислой среде.
20. Напишите схему реакции поликонденсации фенола с формальдегидом в присутствии щелочи.
21. Что понимают под ньютоновской и упруговязкой жидкостью?
22. Рассчитайте степень поликонденсации новолачной фенолформальдегидной смолы, если средняя молекулярная масса  $M_{\text{п}} = 648$ .
23. Производительность агрегата для производства полиэтилена «ПД» в растворе с участием катализатора Циглера (триэтилалюминий и тетрахлорид титана) 20 тыс. т в год. Съём полимера с  $1 \text{ м}^3$  полимеризатора  $50 \text{ кг/м}^3$  в час. Рассчитайте вместимость основного аппарата для проведения ионной полимеризации этилена, если полимеризатор работает 348 дней в году.
24. Определите объемы этилена и кислорода ( $\text{м}^3$ , н. у.), необходимые для обеспечения непрерывной работы в течение 20 дней потока по производству полиэтилена «ВД» мощностью 50 тыс. т в год (по полимеру). Суммарная степень конверсии этилена 0,96, а концентрация кислорода 0,005% (от объема мономера).
25. Рассчитайте рабочий объем автоклава эмульсионной полимеризации винилхлорида, если из него за один цикл выгружено 24,44 т латекса плотностью  $1150 \text{ кг/м}^3$ . Коэффициент загрузки автоклава 0,85.
26. При составлении рецептуры пленочного ПВХ пластика исходят из того, что 1 моль пластификатора должен приходиться на 15 мономерных звеньев ПВХ. Рассчитайте теоретические массы полимера и диоктилфталата (пластификатора), необходимые для получения 20 т пластика. Средняя молекулярная масса ( $M_{\text{п}}$ ) исходного поливинилхлорида 18 750.
27. Вычислите массу фторопласта 4, которую теоретически можно получить полимеризацией тетрафторэтилена, содержащего 14,7 кг связанного фтора. Анализ образца фторопласта показал наличие в нем 0,033 масс. долей нефторсодержащих примесей.

28. Определите съём полимера с  $1 \text{ м}^3$  колонны непрерывной полимеризации стирола в блоке, если в нее поступает сироп из двух реакторов предварительной полимеризации со скоростью 40 и 39 кг/ч. Полимер на выходе из колонны содержит 0,05 мас. долей мономера. Размеры колонны:  $d=0,7 \text{ м}$ ,  $h = 7 \text{ м}$ .
29. Определите суточную производительность и интенсивность многотрубного реактора непрерывной варки целлюлозы, если в течение 1 ч он перерабатывает  $80 \text{ м}^3$  еловой щепы. Расходный коэффициент еловой древесины составляет  $5 \text{ м}^3$  на каждую тонну целлюлозы, а производственные потери 7%. Реактор имеет 8 труб длиной 10 м и диаметром 0,8 м каждая.
30. В осадительной ванне при формировании волокна происходит коагуляция вискозы и регенерация целлюлозы в результате разложения ксантогената в кислой среде. Рассчитайте массу реактивов и воды для приготовления  $1 \text{ м}^3$  осадительной ванны с плотностью  $1290 \text{ кг/м}^3$ . В состав осадительной ванны входят следующие компоненты ( $\text{кг/м}^3$ ): раствор 92%-ной серной кислоты 150; сульфат цинка 20; сульфат натрия 270. Технический цинковый купорос содержит 0,55 мас. доли безводного сульфата цинка, а 1 кг технического сульфата натрия 0,95 кг безводного  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ .
31. Прядильный раствор, поступающий в машину для формирования ацетатной текстильной нити, имеет состав (мас. доли): ацетона 68, ацетата целлюлозы 27, воды 5. Производительность машины 120 г/ч. Состав нити, выходящий из шахты (мас. доли): ацетата целлюлозы 80, воды 19, ацетона 1. Определите: а) расход воздуха ( $\text{м}^3/\text{ч}$  и  $\text{м}^3/\text{кг}$  нити), подаваемого в прядильную шахту машины для формирования нити; б) массу ацетона и воды, испаряющихся в шахте (г/ч). Паровоздушная смесь, подаваемая на рекуперацию и ректификацию, содержит  $25 \text{ г/м}^3$  ацетона.
32. В качестве регулятора молекулярной массы поликапроамида используют уксусную кислоту. Рассчитайте расход технической (99% -ной) кислоты на 1 кг поликапроамида, если в реакцию вступает 65% ее мас. долей, а на 1 моль полимера расходуется 1 моль кислоты. Молекулярная масса поликапроамида 22 000.
33. Рассчитайте число автоклавов полимеризации капролактама, производительностью 3000 кг/сут каждый, для цеха, выпускающего 8000 кг текстильной капроновой нити в сутки. Норма расхода полимера на 1 кг волокна составляет 1,11 кг.
34. Латекс гевеи бразильской содержит (мас. доли): каучука 34; белков и сахара 4,5; воды и других ингредиентов 61,5. Перед коагуляцией его разбавляют водой (1:1). Рассчитайте массу сырого товарного каучука с содержанием 92% основного вещества, который может быть теоретически получен из 50 т раствора латекса.
35. Рассчитайте расход соли  $\text{NaCl}$  и 98%-ной серной кислоты на 1 т каучука, который выделяется при коагуляции латекса СКС-30, если содержание полимера в нем 60% (по массе). Коагуляцию проводят насыщенным раствором  $\text{NaCl}$  и 5%-ным раствором  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , а лабораторный анализ

показал, что на 10 г латекса требуется 2,69 г NaCl и 5,38 мл 5%-ного раствора  $H_2SO_4$ .

36. При перекисной вулканизации этиленпропиленовых и кремнийорганических каучуков на 100 мас. долей каучука берут 3 мас. доли перекиси бензоила. Сколько массовых долей гидроперекиси изопропилбензола надо взять для вулканизаций 106 мас. долей каучука вместо перекиси бензоила, чтобы вызвать такой же эффект сшивания?

### **8.2.2. Примерные темы рефератов и курсовых работ:**

1. Современное состояние промышленности производства фенолформальдегидных смол и пластмасс на их основе.
2. Поликонденсация. Современное состояние производства ВМС методом поликонденсации.
3. Полимеризация. Проблемы производства полиолефинов.
4. Искусственные и синтетические волокна.
5. Физико-химические свойства полимеров. Методы их исследования.
6. Деструкция полимеров.
7. Проблемы стабилизации полимеров.
8. Перспективные полимеры. Методы и способы их синтеза.
9. Моделирование новых полимеров по Insite-технологии.
10. Методы неразрушающего контроля в исследовании свойств ВМС.

### **8.2.3. Примерный перечень вопросов к экзамену:**

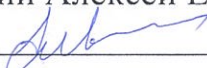
1. Предмет и задачи науки о высокомолекулярных соединениях. Важнейшие свойства полимерных веществ. Роль полимеров в живой природе и их значение как промышленных материалов (пластмассы, каучуки, волокна, пленки, покрытия и клеи)
2. Макромолекулы. Классификация макромолекул. Характер соединения звеньев и стереорегулярность. Способы изображения макромолекул с отражением ее структуры.
3. Классификация полимеров. Основные принципы классификации. Примеры, краткая характеристика и область применения важнейших представителей.
4. Свойства концентрированных и разбавленных растворов ВМС. Гидродинамические свойства макромолекул в растворах.
5. Природа вязкости растворов полимеров. Течение расплавов полимеров. Ньютоновские и неньютоновские жидкости.
6. Структурообразование в полимерных телах. Структурная организация аморфных и кристаллических полимеров. Сравнение с низкомолекулярными телами.
7. Надмолекулярные структуры и физико-механические характеристики ВМС, фазовые и физические состояния полимеров.
8. Кристаллическое фазовое состояние. Критерии фазовых превращений.
9. Термодинамика фазовых превращений в полимерах. Температура кристаллизации и температура плавления.
10. Аморфное фазовое состояние. Три физических состояния аморфных полимеров.



11. Релаксационные свойства аморфных полимеров в высокоэластическом состоянии.
12. Высокоэластическая деформация. Пластификация полимеров.
13. Стеклообразное состояние аморфных полимеров.
14. Механические свойства кристаллических полимеров.
15. Методы исследования структуры полимеров.
16. Химические реакции полимеров, как способы получения новых полимерных материалов.
17. Использование химических превращений полимеров для химического и структурно-химического модифицирования полимерных материалов и изделий.
18. Особенности химических реакций с участием макромолекул.
19. Химические реакции, не сопровождающиеся изменением степени полимеризации. Полимераналогичные превращения (получение новых полимеров, химическая модификация).
20. Химические реакции, приводящие к увеличению степени полимеризации. Межмолекулярные реакции и их особенности.
21. Реакции сшивания. Вулканизация каучуков. Формирование полимерных изделий из реакционноспособных олигомеров.
22. Химические реакции, приводящие к уменьшению степени полимеризации. Физическая и химическая деструкция.
23. Цепная деполимеризация. Цепная и случайная деструкция.
24. Термическая и термоокислительная деструкция.
25. Фотохимическая деструкция.
26. Деструкция под влиянием механических воздействий.
27. Механохимия и ее практическое применение.
28. Способы стабилизации полимеров. Принципы подбора стабилизаторов против фото-, окислительного и термостарения полимеров. Влияние стабилизаторов на кинетику и индукционный период деструкции (на примере термоокислительной деструкции).
29. Структурно-химическая модификация полимерных материалов. Привитые и блок сополимеры. Получение, основные особенности свойств и пластификация сополимеров.
30. Методы проведения полимеризации. Радикальная полимеризация. Влияние ингибиторов, температуры, давления на радикальную полимеризацию. Способы проведения радикальной полимеризации: полимеризация в блоке, эмульсии, суспензии, растворе.
31. Ионная-координационная полимеризация. Полимеризация на катализаторах Циглера-Натта.
32. Типы реакций поликонденсации. Основные отличия полимеризационных и поликонденсационных процессов.
33. Поликонденсационное равновесие. Равновесная и неравновесная поликонденсация. Влияние химической природы мономеров на константу поликонденсационного равновесия
34. Влияние концентрации мономера, температуры, катализатора на скорость поликонденсации.

35. Синтез бутилкаучуков. Применение.
36. Синтез полиэтилена. Применение.
37. Синтез ацетатных волокон (искусственный шелк) и их применение.

Программа составлена в соответствии с государственным образовательным стандартом высшего профессионального образования по специальности 540100 Естественнонаучное образование профессионально-образовательному профилю 540101 – Химия.

Программу составил: Иваницкий Алексей Евгеньевич, к.т.н., доцент кафедры органической химии ТГПУ .

Программа утверждена на заседании кафедры органической химии, протокол № 6 от «28» июня 2010 года

Заведующий кафедрой  О.Х. Полещук

Программа одобрена методической комиссией биолого-химического факультета ТГПУ «10» 10 2010 г., протокол № 7

Председатель методической комиссии БХФ  Е.П. Князева

Согласовано:

Декан БХФ  В.А. Дырин