

ПРИДНЕСТРОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
им. Т.Г. ШЕВЧЕНКО

**Естественно-географический факультет**

*Кафедра химии и методики преподавания химии*

**ХИМИЯ  
ВЫСОКОМОЛЕКУЛЯРНЫХ  
СОЕДИНЕНИЙ**

*Практикум*

Тирасполь, 2014

УДК 577(072)(075.8)+615.9(072)(075.8)  
ББК Е 072р30я73+Р284р30я73

Составители:

**Л.М. Реулец**, к.х.н., доцент,

**Ф.И. Карабаджак**, к.х.н. доцент,

**О.Г. Колумбин**, ст. преподаватель

Рецензенты:

**С.И. Филипенко** – к.б.н., доцент кафедры генетики и зоологии

**В.В. Люленова** – к.х.н., доцент кафедры химии и методики преподавания химии

**Химия высокомолекулярных соединений.** Практикум /  
Сост.: Л.М. Реулец, Ф.И. Карабаджак, О.Г. Колумбин. – Тирасполь, 2014. – 40 с.

*Издание служит руководством для проведения лабораторных работ и практических (семинарских) занятий по дисциплине «Высокомолекулярные соединения». Работа содержит: описание лабораторных работ, вопросы для промежуточного контроля, вопросы к семинарским занятиям и вопросы для итогового контроля знаний по дисциплине.*

*Адресовано студентам химических специальностей, преподавателям высших учебных заведений и учителям химии.*

Рекомендовано Научно-методическим советом ПГУ им. Т. Г. Шевченко

© Л.М. Реулец, Ф.И. Карабаджак,  
О.Г. Колумбин, составление, 2014

---

ХИМИЯ ВЫСОКОМОЛЕКУЛЯРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

*Практикум*

Формат 60×90/16. Усл. печ. л. 2,5.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

|                                                                                                                                                                                                                                                                             |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| ПРЕДИСЛОВИЕ.....                                                                                                                                                                                                                                                            | 5  |
| МЕТОДИЧЕСКИЕ РАЗРАБОТКИ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ .....                                                                                                                                                                                                                            | 6  |
| <i>Лабораторная работа № 1.</i> Свойства полимеров .....                                                                                                                                                                                                                    | 6  |
| <i>Лабораторная работа № 2.</i> Определение качественного состава<br>полимеров. Определение содержания летучих веществ.....                                                                                                                                                 | 7  |
| <i>Лабораторная работа № 3.</i> Распознавание высокомолекулярных<br>материалов.....                                                                                                                                                                                         | 10 |
| <i>Лабораторная работа № 4.</i> Каучуки. Извлечение млечного сока<br>из растений и каучука из резинового клея, отношение каучука<br>и резины к растворителям и нагреванию. Открытие серы<br>в вулканизированном каучуке. Получение каучука<br>из млечного сока фикуса ..... | 11 |
| <i>Лабораторная работа № 5.</i> Природные полимеры - полисахариды .                                                                                                                                                                                                         | 14 |
| <i>Лабораторная работа № 6.</i> Кислотный гидролиз крахмала<br>и целлюлозы .....                                                                                                                                                                                            | 16 |
| <i>Лабораторная работа № 7.</i> Биополимеры – белки .....                                                                                                                                                                                                                   | 21 |
| <i>Лабораторная работа № 8.</i> Синтез полимеров методом<br>полимеризации. Получение полиметилметакрилата (органического<br>стекла) .....                                                                                                                                   | 22 |
| <i>Лабораторная работа № 9.</i> Синтез полимеров методом<br>поликонденсации .....                                                                                                                                                                                           | 24 |
| <i>Лабораторная работа № 10.</i> Синтез фенолформальдегидных<br>полимеров .....                                                                                                                                                                                             | 26 |
| КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ К ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ ...                                                                                                                                                                                                                             | 28 |
| <i>Занятие 1.</i> Тема: Основные понятия и классификация полимеров ..                                                                                                                                                                                                       | 28 |
| <i>Занятие 2.</i> Тема: Химические свойства полимеров .....                                                                                                                                                                                                                 | 28 |
| <i>Занятие 3.</i> Тема: Синтез полимеров.....                                                                                                                                                                                                                               | 29 |
| <i>Занятие 4.</i> Тема: Макромолекулы и их поведение в растворах.....                                                                                                                                                                                                       | 30 |
| <i>Занятие 5.</i> Тема: Полимерные тела .....                                                                                                                                                                                                                               | 30 |
| КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОГО<br>КОНТРОЛЯ.....                                                                                                                                                                                                                     | 31 |
| ВОПРОСЫ ДЛЯ ИТОГОВОГО КОНТРОЛЯ ЗНАНИЙ.....                                                                                                                                                                                                                                  | 34 |
| ЛИТЕРАТУРА .....                                                                                                                                                                                                                                                            | 39 |

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Полимеры находят широкое практическое применение в различных областях народного хозяйства, интерес к ним неизменно растёт, поэтому им посвящено немало научных и учебно-методических изданий.

Для пополнения объема учебной литературы в этой области и чтобы обеспечить эффективное изучение студентами-химиками курса «Высокомолекулярных соединений» (ВМС) сотрудниками кафедры химии естественно-географического факультета разработано данное учебное пособие.

Предлагаемый практикум по дисциплине предназначен служить руководством для подготовки и проведения лабораторных и практических (семинарских) занятий, и в первую очередь, имеет цель способствовать овладению экспериментальными методами синтеза ВМС из природных источников, изучение физических и химических свойств, а также способов распознавания различных полимеров.

Для достижения вышеуказанной цели в практикуме приведены методические разработки десяти лабораторных экспериментальных работ, с подробным описанием хода работы.

Кроме эксперимента курс данной дисциплины имеет целью способствовать овладению знаниями по вопросам строения, изомерии, номенклатуры и классификации ВМС, а также умением составлять схемы химических процессов получения ВМС по реакциям полимеризации и поликонденсации с объяснением их механизмов.

С целью контроля знаний в методической разработке приведены контрольные вопросы к каждому из пяти практических занятий, предусмотренных рабочей программой дисциплины.

В завершении практикума предлагается восемь контрольных заданий для промежуточного контроля и вопросы для зачёта и итогового контроля знаний.

# МЕТОДИЧЕСКИЕ РАЗРАБОТКИ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

## Лабораторная работа № 1

### Свойства полимеров

#### **Опыт 1. Свойства полимеров.**

В пробирку, в которой находится 2–3 см<sup>3</sup> органического растворителя, поместите измельченный полимер (по указанию преподавателя). Затем встряхните пробирку и наблюдайте изменения.

#### **Опыт 2. Отношение полимера к нагреванию.**

Нагрейте несколько кусочков полимера на водяной бане. Являются ли полимеры термопластичными?

#### **Опыт 3. Горение полимера.**

Подожгите кусочек полимера, обратите внимание на слабое потрескивание при горении и на запах. Сравните горение разных полимеров. Результаты опытов занесите в табл. 1.

Таблица 1

| Полимер | Растворимость |        |                                  |                  |        | Отношение к нагреванию | Горение |
|---------|---------------|--------|----------------------------------|------------------|--------|------------------------|---------|
|         | Бензол        | Толуол | C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH | CCl <sub>4</sub> | Ацетон |                        |         |
|         |               |        |                                  |                  |        |                        |         |
|         |               |        |                                  |                  |        |                        |         |

Напишите реакции получения используемых полимеров из соответствующих мономеров.

## Определение качественного состава полимеров. Определение содержания летучих веществ

### Опыт 1. Определение плотности полимера.

Полимеры – сравнительно легкие материалы, большинство из них в 5–6 раз легче металлов (табл. 1). Их плотность находится в пределах от 0,9 (полипропилен) до 2,3 г/см<sup>3</sup> (полиметилметакрилат), плотность (объемная масса) поро- и пенопластов менее 1 г/см<sup>3</sup>.

Таблица 1

Плотность полимерных материалов

| Полимерный материал                                        | Плотность, г/см <sup>3</sup> |
|------------------------------------------------------------|------------------------------|
| Полиэтилен                                                 | 0,92-0,96                    |
| Полипропилен                                               | 0,9                          |
| Полиизобутилен                                             | 0,9                          |
| Полистирол                                                 | 0,91-0,93                    |
| Фторопласт-3                                               | 1,05-1,08                    |
| Фторопласт-4                                               | 2,11-2,16                    |
| Полиметилметакрилат                                        | 2,2-2,3                      |
| СЭП (сополимер этилена с пропиленом)                       | 1,18-1,2                     |
| Винипласт листовой                                         | 0,93-0,95                    |
| Сополимер винилхлорида с винилацетатом                     | 1,35-1,40                    |
| Полиуретан                                                 | 1,34                         |
| Пресс-порошки на связующем новолачного или резольного типа | 1,2                          |
| Полиамид                                                   | 1,4                          |
| Полиэпоксиды                                               | 1,19-1,23                    |

Плотность пластических масс определяют взвешиванием стандартных брусков размером 120x15x10 мм. Для этого брусок, имеющий комнатную температуру, подвешивают на тонкой медной проволоке и взвешивают на специально приспособленных весах с точностью до 0,01 г. Затем его полностью погружают в стакан с дистиллированной водой комнатной температуры и взвешивают в воде с той же точностью.

При определении плотности материала следует учитывать, что вес бруска в воздухе отличается от его веса в воде на величину выталкивающей силы воды:

$$F = m_g g,$$

где  $m_g$  – масса воды в объеме погруженного в нее тела;  $g$  – ускорение силы тяжести.

Отношение веса бруска в воздухе к разнице весов бруска в воздухе и в воде [ $mg/(m_g g) = m/m_g$ ] есть относительная плотность исследуемого материала [ $d = m/m_g$ ]. Умножив относительную плотность  $d$  на плотность воды при данной температуре [ $\rho_v$ ] (табл. 3), вычисляют плотность материала [ $\rho = d \rho_v$ ].

### Порядок выполнения опыта

1. Получите у лаборанта два стандартных образца, изготовленных из одного материала.
2. Подвесьте брусок на тонкой медной проволоке и взвесьте их с точностью до 0,01 г.
3. Стакан с дистиллированной водой взвесьте и поставьте под висящий брусок, который затем полностью погрузите в стакан.
4. Взвесьте брусок в воде.

Таблица 2

Плотность воды при различной температуре

| Температура, °С | Плотность, г/см <sup>3</sup> | Температура, °С | Плотность, г/см <sup>3</sup> |
|-----------------|------------------------------|-----------------|------------------------------|
| 15              | 0,9991                       | 21              | 0,9980                       |
| 16              | 0,9989                       | 22              | 0,9978                       |
| 17              | 0,9988                       | 23              | 0,9975                       |
| 18              | 0,9986                       | 24              | 0,9973                       |
| 19              | 0,9984                       | 25              | 0,9970                       |
| 20              | 0,9982                       |                 |                              |

5. Запишите результаты опыта в следующем порядке
  - номер образца;
  - масса разновесов при определении веса бруска в воздухе  $m$  (в г);
  - масса разновесов при определении веса бруска в воде  $m_1$  (в г);
  - масса воды в объеме бруска  $m_g = m - m_1$  (в г);
  - относительная плотность исследуемого материала  $d$ ;
  - плотность воды при температуре опыта  $\rho_v$  (в г/см<sup>3</sup>);
  - плотность исследуемого материала  $\rho$  (в г/см<sup>3</sup>);
  - среднее значение двух измерений  $\rho_{cp}$  (в г/см<sup>3</sup>);
  - плотность материала, взятая из таблицы (в г/см<sup>3</sup>).

## Опыт 2. Определение содержания летучих веществ.

Летучие вещества и влагу удаляют из образца при его нагревании до 103–105 °С. В полимерах, подвергаемых переработке прессованием, литьем под давлением и другими методами, необходимо знать содержание летучих веществ, так как они вызывают появление волнистости, разводов, вздутий, пузырей и трещин на изделии. Содержание летучих веществ выражают в процентах.

Получите у лаборанта материал для определения содержания летучих примесей и бюкс с крышкой (диаметр бюкса ~ 40 мм). Взвесьте бюкс с крышкой с точностью до 0,01 г ( $m_1$ ), насыпьте в него примерно 5 г исследуемого материала, закройте крышкой и снова взвесьте с той же точностью ( $m_2$ ). По разности измерений определите массу навески ( $m_3$ ).

Поместите открытый бюкс с навеской в термощкаф (температура 103–105 °С) на 30 мин, после чего охладите его в эксикаторе, закройте крышкой и снова взвесьте ( $m_4$ ). По разности измерений определите массу навески после термообработки ( $m_5$ ). Результаты опыта запишите в табл. 3.

Таблица 3

Экспериментальные данные для определения содержания летучих веществ

| Масса бюкса с крышкой<br>$m_1$ , г | Масса бюкса с крышкой и навеской, г |                               | Масса навески, г           |                               | Содержание летучих веществ, %<br>$X=[(m_3, m_5/m_3) \cdot 100]$ |
|------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------|----------------------------|-------------------------------|-----------------------------------------------------------------|
|                                    | до термообработки<br>$m_2$          | После термообработки<br>$m_4$ | До термообработки<br>$m_3$ | После термообработки<br>$m_5$ |                                                                 |
|                                    |                                     |                               |                            |                               |                                                                 |

### Лабораторная работа № 3

## Распознавание высокомолекулярных материалов

**Материалы:** полиэтилен, поливинилхлорид, полиметилметакрилат, полистирол, аминопласты, фенолформальдегидные смолы, капрон, целлюлоид.

Участник эксперимента получает образец полимера и с помощью физико-химических методов анализа определяет строение и формулу полимера с использованием таблицы, приведенной ниже:

*Таблица качественных реакций*

| Физико-химические процессы                                                               | Полиэтилен | Поливинилхлорид | Полиметилметакрилат | Полистирол | Аминопласты | Фенол-формальдегидные смолы | Капрон | Целлюлоид |
|------------------------------------------------------------------------------------------|------------|-----------------|---------------------|------------|-------------|-----------------------------|--------|-----------|
| Растворимы в органических растворителях                                                  | -          | +               | +                   | +          | -           | -                           | -      | +         |
| Горение<br>1. коптящим пламенем<br>2. не коптящим пламенем<br>3. не горит                | +          | +               | +                   | +          | +           | +                           | +      | быстро    |
| Отношение к нагреванию<br>1. плавится<br>2. разлагается с выделением следующих продуктов | +          | +               | +                   | +          | амины       | фенол                       | амины  |           |

**Каучуки. Извлечение млечного сока  
из растений и каучука из резинового клея, отношение  
каучука и резины к растворителям и нагреванию.  
Открытие серы в вулканизованном каучуке.  
Получение каучука из млечного сока фикуса**

**Опыт 1. Извлечение млечного сока из растений**

Каучук содержится в ряде растений и легко может быть извлечен из них. Для извлечения каучука из фикуса отрезают 1-2 листа, выделившийся из черешков млечный сок собирают в пробирку. К собранным каплям сока приливают немного воды и вносят 0,5 г  $\text{CaCl}_2$  или серноокислого аммония. Смесь встряхивают, затем по каплям добавляют спирт, пока каучук не начнет выделяться на поверхности раствора в виде хлопьев. Хлопья каучука, извлеченные из раствора стеклянной палочкой, растягивают при помощи пинцета. Образуются тонкие длинные нити каучука. Полученные хлопья каучука переносят стеклянной палочкой в три пробирки и добавляют по 2-3 мл растворителя (бензола, бензина, хлороформа). Оставшийся раствор после получения каучука делят на две части. К первой части раствора приливают бромную воду или раствор перманганата калия. Исчезновение окраски указывает на неопредельный характер каучука. Напишите уравнение реакции.

Другую часть раствора осторожно выпаривают на часовом стекле. После удаления растворителя обнаруживается эластичная пленка каучука. Что доказывает данный опыт?

**Опыт 2. Отношение каучука и резины к растворителям**

Невулканизованный каучук растворяется во многих органических растворителях, вулканизованный каучук (резина) в той или иной степени растворяет в себе эти вещества, отчего увеличивается в объеме (как говорят «набухает»).

В две пробирки с бензином или бензолом помещают по кусочку сырого (невулканизованного) каучука и резины (от резиновой пробки или галоши). Пробирки закрывают корковыми пробками и ставят для дальнейшего наблюдения. Через некоторое время обнаруживают, что в одной пробирке каучук растворяется, а в другой пробирке резина набухает.

**Опыт 3. Взаимодействие с бромом**

Вследствие наличия двойных связей каучук легко присоединяет галогены. Этим объясняется, например, затверждение каучуковых пробок и трубок при работе с галогенами.

Готовят раствор сырого (невулканизированного) каучука в бензине (свободного от непредельных соединений) или в бензоле (что удобнее, т.к. он обычно не требует предварительной очистки). Это может быть достигнуто кипячением тонко нарезанных кусочков каучука с растворителем в колбе с обратным холодильником или настаиванием (без нагревания) в течение нескольких суток. В пробирку с раствором каучука приливают раствор брома в бензоле. При встряхивании смеси окраска брома исчезает. (Для опыта можно использовать также бромную воду). Объясните причину исчезновения окраски? Отметьте скорость ее протекания по сравнению с аналогичной реакцией для натурального каучука?

#### **Опыт 4. Разложение каучука при нагревании**

Каучук при нагревании разлагается на продукты с меньшим молекулярным весом. Образующиеся вещества обладают свойствами непредельных соединений. Основным продуктом разложения каучука – изопрен. В пробирке с отводной трубкой нагревают немного каучука. Образующиеся газообразные продукты отводят в пробирку-приемник, охлаждаемую в стакане с холодной водой, где они конденсируются. В пробирку-приемник налейте 1,5-2 мл бромной воды или раствор перманганата калия и периодически её взбалтывайте. Когда соберется немного конденсата произойдет обесцвечивание жидкости. Напишите все необходимые уравнения реакции.

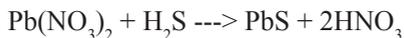
#### **Опыт 5. Отношение каучука и резины к нагреванию**

Доведите водяную баню до кипения и продолжая нагревать, поместите в неё на 5 мин полоски каучука и резины. Затем выньте тигельными щипцами полоску резины и быстро растяните её. Тоже сделайте с полоской каучука. Полоска каучука после размягчения сильно растягивается, теряет эластичность, полоска резины остается без изменений.

Таким образом, каучук термопластичен, резина же нет, она имеет большую термическую и механическую стойкость. Эти свойства каучука и резины объясняются их различной структурой.

#### **Опыт 6. Открытие серы в вулканизированном каучуке**

При сильном нагревании вулканизированного каучука сера выделяется из него в виде сероводорода и может быть обнаружена солями свинца.



В пробирке нагревают несколько кусочков резины. В выделяющиеся пары вносят бумажку, смоченную раствором азотнокислого  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  или уксуснокислого свинца  $\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2$ . Бумажка чернеет. Продукты термического разложения резины можно пропустить также в раствор соли свинца. Образуется черный осадок  $\text{PbS}$ .

Невулканизированный каучук (если он не загрязнен) в подобных условиях не образует осадка сернистого свинца.

### **Опыт 7. Выделение каучука из резинового клея.**

Резиновый клей представляет собой 4% раствор каучука в бензине. На стеклянную пластинку тонким слоем налейте резиновый клей и нагрейте её на кипящей водяной бане. При этом бензин испаряется и на стекле остается желтая пленка каучука, которая легко скатывается в стерженек.

С выделенным каучуком проведите опыты на эластичность, растворимость в органических растворителях, термопластичность.

## Природные полимеры - полисахариды

### Опыт 1. Качественные реакции на углеводы.

#### А. Реакция углеводов с $\alpha$ -нафтолом (реакция Молиша)

В две пробирки наливают по 1 мл воды и вносят небольшое количество углеводов: в одну пробирку - сахарозу (или глюкозу), в другую – крахмал (или целлюлозу). Затем в каждую пробирку добавляют 1–2 капли 15%-ного спиртового раствора  $\alpha$ -нафтола и, наклонив пробирку, по стенкам из пипетки осторожно приливают по 1 мл концентрированной серной кислоты.

Образуются два слоя: внизу – серная кислота, сверху – водный слой. Через небольшой промежуток времени на границе двух слоев появляется окрашенное кольцо, сначала зеленоватого цвета, потом фиолетовое.

Реакция с  $\alpha$ -нафтолом – качественная реакция на углеводы. При взаимодействии с концентрированной серной кислотой углеводы разлагаются, наряду с другими продуктами разложения образуется фурфурол и его производные: они конденсируются с  $\alpha$ -нафтолом с образованием окрашенных продуктов.

Напишите уравнения реакции дегидратации D-глюкозы (образование оксиметилфурфуола).

#### Б. Реакция высших полисахаридов с реактивом Фелинга.

В две пробирки наливают по 1-1,5 мл 1%-ного крахмального клейстера и 1 %-ного раствора гликогена (животный крахмал) и добавляют равный объем реактива Фелинга. Жидкости перемешивают и нагревают верхнюю часть растворов до начинающегося кипения.

Изменяется ли окраска растворов? Объясните опыт.

#### В. Реакция с иодом.

В две пробирки наливают по 1 мл 1 %-ных растворов крахмального клейстера и гликогена и затем добавляют по несколько капель сильно разбавленного водой раствора иода в иодиде калия. В пробирке с растворами появляется интенсивное окрашивание. Какое? При нагревании этого раствора до кипения окраска исчезает, при охлаждении раствора снова появляется. Объясните почему?

Иодкрахмальная реакция применяется в аналитической химии для открытия, как крахмала, так и иода. Крахмал широко применяется в качестве индикатора в иодометрии.

### **Г. Реакция на пентозаны (образование фурфурола). (Тяга!).**

В пробирку вносят сухие древесные опилки (высота слоя 1-1,5 см) и добавляют соляную кислоту (1:1) в таком количестве, чтобы она покрыла опилки. На полоску фильтровальной бумаги наносят 1-2 капли анилина и 1-2 капли ледяной уксусной кислоты (в то же пятно). Смоченную уксуснокислым анилином фильтровальную бумагу подносят к отверстию пробирки и кипятят смесь опилок с соляной кислотой. Фурфурол, содержащийся в выделяющихся парах, образует на бумаге яркое розово-красное пятно. Для отгонки фурфурола, летучего с водяным паром, пробирку закрывают изогнутой газоотводной трубкой, ее конец опускают в пустую пробирку-приемник, охлаждаемую в стакане с ледяной водой. Отгоняют несколько капель водной эмульсии фурфурола. В пробирку-приемник добавляют каплю анилина и 1 каплю ледяной уксусной кислоты. Появляется окрашивание.

Объясните опыт и напишите уравнения следующих реакций: гидролиз пентазанов, дегидратация пентоз (образование фурфурола).

## Кислотный гидролиз крахмала и целлюлозы

### Опыт 1. Кислотный гидролиз крахмала.

В коническую колбу емкостью 50 мл наливают 20-25 мл 1%-ного крахмального клейстера и 3-5 мл 10%-ного раствора серной кислоты. В 7-8 пробирок наливают по 1 мл очень разбавленного раствора иода в иодиде калия (светло-желтого цвета), пробирки ставят в штатив. В первую пробирку вносят 1-3 капли подготовленного для опыта раствора крахмала. Отмечают образовавшуюся окраску. Затем колбу нагревают на асбестовой сетке небольшим пламенем горелки. Через 30 с после начала кипения отбирают пипеткой вторую пробу раствора, которую вносят во вторую пробирку с раствором иода, после встряхивания отмечают цвет раствора. В дальнейшем отбирают пробы раствора через каждые 30 с и вносят их в последующие пробирки с раствором иода. Отмечают постепенное изменение окраски растворов при реакции с иодом. Занесите в таблицу изменение окраски в пробирках.

Таблица 1

| № пробирки                                     | Время после начала опыта для внесения раствора иода в иодиде калия |      |      |       |       |       |       |       |
|------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                                                | 30 с                                                               | 60 с | 90 с | 120 с | 150 с | 180 с | 210 с | 240 с |
|                                                | 1                                                                  | 2    | 3    | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     |
| Окраска в пробирках, после внесения $J_2$ в КJ |                                                                    |      |      |       |       |       |       |       |

После того как реакционная смесь перестанет давать окраску с иодом, смесь кипятят еще 2-3 минуты, после чего ее охлаждают и нейтрализуют 10%-ным раствором гидроксида натрия, добавляя его по каплям до щелочной реакции среды (появления розовой окраски на фенолфталеиновой индикаторной бумаге).

Часть щелочного раствора переливают в пробирку, смешивают с равным объемом реактива Фелинга и нагревают верхнюю часть жидкости до начинающегося кипения.

Выпадает ли красный осадок оксида меди (I)? Напишите уравнение реакции гидролиза крахмала, укажите промежуточные и конечный продукты. Объясните, почему в процессе гидролиза изменяется окраска гидролизата с иодом.

## **Опыт 2. Свойства целлюлозы.**

### **А. Растворение целлюлозы в медно-аммиачном растворе (реактиве Швейцера).**

В пробирку наливают 5 мл медно-аммиачного раствора (реактива Швейцера), опускают в него очень маленький кусочек гигроскопической ваты (целлюлозы) и тщательно перемешивают содержимое пробирки стеклянной палочкой до полного растворения ваты. Получается вязкая прозрачная жидкость ярко-синего цвета. Получившийся раствор выливают тонкой струей в стакан, содержащий около 100 мл теплой воды, подкисленной 2-5 мл концентрированной серной кислоты. Целлюлоза выделяется из раствора в виде хлопьев. Способностью целлюлозы растворяться в реактиве Швейцера пользуются при производстве медно-аммиачного искусственного шелка.

### **Б. Получение растительного пергамента (амилоида).**

В три фарфоровые чашки наливают: в первую 80%-ный раствор серной кислоты, во вторую – дистиллированную воду, в третью – 5%-ный раствор аммиака. В раствор серной кислоты опускают на 8-10 с среднюю часть полоски фильтровальной бумаги (10x3 см), сухие концы бумаги держат в руках. Избыток кислоты быстро сливают в ту же фарфоровую чашку, промывают участок бумаги, обработанный кислотой, в воде, налитой во вторую чашку. Затем нейтрализуют остатки кислоты разбавленным раствором аммиака. Просушивают полученный растительный пергамент между листами фильтровальной бумаги и сравнивают вид и прочность обработанного кислотой участка бумаги с необработанным. Наносят капля разбавленного раствора йода на обработанный кислотой участок бумаги. Какая получается окраска? Объясните опыт.

### **В. Кислотный гидролиз целлюлозы.**

В сухую коническую колбу емкостью 50-100 мл помешают немного очень мелко нарезанных кусочков фильтровальной бумаги (целлюлозы) и смачивают их концентрированной серной кислотой. Тщательно перемешивают содержимое колбы стеклянной палочкой до полного разрушения бумаги и образования бесцветного вязкого раствора. После этого к нему добавляют небольшими порциями при перемешивании 15-20 мл воды (*осторожно!*), колбу соединяют с воздушным обратным холодильником и кипятят реакционную смесь 20-30 мин, периодически перемешивая. После окончания гидролиза отливают 2-3 мл жидкости, нейтрализуют ее сухим карбонатом натрия, добавляя его небольшими порциями (жидкость вспенивается), и обнаруживают присутствие восстанавливающих сахаров реакцией с реактивом Фелинга.

Напишите уравнение реакции гидролиза целлюлозы и взаимодействия гидролизата с реактивом Фелинга. Объясните опыт.

#### **Г. Реакция целлюлозы со щелочью.**

В небольшой стакан наливают 40%-ный раствор гидроксида натрия и опускают в него полоску фильтровальной бумаги. Вторую полоску такого же размера опускают в стакан с водой (контрольный образец). Через 5-7 мин полоски бумаги вынимают. Образец, который был в воде, отжимают в фильтровальной бумаге. Второй образец – из стакана с раствором гидроксида натрия – промывают водой мытую полоску, отжимают в фильтровальной бумаге. Когда обе бумажные полоски высохнут, сравнивают их длину и плотность.

При обработке целлюлозы концентрированными растворами щелочей образуется «щелочная целлюлоза» (алкалицеллюлоза). В растворе щелочи целлюлоза сильно набухает, ее волокна становятся толще и короче. Обработанная щелочью полоска бумаги (или ткани) делается более плотной и короткой по сравнению с контрольной. В текстильной промышленности обработку щелочью хлопчатобумажных тканей и ниток проводят с целью их облагораживания (мерсеризация).

#### **Д. Получение и свойства нитратов целлюлозы. (Тяга!).**

В небольшую колбу наливают 4 мл концентрированной азотной кислоты и осторожно при перемешивании добавляют 8 мл концентрированной серной кислоты. Разогревшуюся смесь несколько охлаждают и погружают в нее с помощью стеклянной палочки небольшой комочек гигроскопической ваты. Реакционную смесь периодически перемешивают палочкой и нагревают на водяной бане (температура воды 60-700 С) в течение 5 минут. Затем вату вынимают и тщательно промывают водой сначала в стакане, а потом в струе воды под водопроводным краном. Избыток воды отжимают в фильтровальной бумаге, вату разрыхляют и высушивают в фарфоровой чашке на кипящей водяной бане. В условиях опыта получается преимущественно динитрат целлюлозы – коллоксилин.

Напишите схему образования динитрата целлюлозы (формулу фрагмента молекулы целлюлозы напишите по Хеуорсу). Почему часто употребляемое название «нитроцеллюлоза» неверно?

Высушенный волокнистый нитрат целлюлозы (светло-желтого цвета) делят на три части. Одну часть кладут на асбестовую сетку и поджигают. Рядом поджигают кусок гигроскопической ваты (целлюлозы). Отмечают разницу в характере горения этих двух образцов. Вторую часть коллоксилиновой ваты помещают на дно сухой пробирки и нагревают ее в пламени горелки. Коллоксилин при нагревании разла-

гается со взрывом и вылетает из пробирки (**Осторожно! Отверстие пробирки должно быть повернуто к стене**).

Третью часть коллоксилина растворяют при помешивании палочкой в смеси этилового спирта и диэтилового эфира (1:3). Образуется вязкий раствор – коллодий. Часть коллодия выливают на предметное стекло, после испарения растворителя остается твердая пленка. Ее вносят тигельными щипцами в пламя горелки. Пленка коллодия сгорает медленнее, чем коллоксилиновая вата.

### **Опыт 3. Некоторые свойства хлопкового и искусственных волокон.**

Наливают в четыре пробирки по 1,5-2 мл: 1- концентрированной азотной кислоты, 2 – 25%-ного раствора серной кислоты, 3 – 10%-ного раствора гидроксила натрия, 4 – ацетона. В каждую пробирку опускают небольшой кусочек вязкого волокна (или ткани). Размешивают содержимое пробирки стеклянной палочкой в течение 2-3 мин.

Результаты опыта записывают в таблицу.

Опыт повторяют с образцами: ацетатного и хлопкового волокна.

Можно ли чистить платья из вискозного и ацетатного шелка ацетоном?

Для определения отношения волокон к нагреванию помещают образцы исследуемых волокон на асбестовую сетку и поджигают их лунчиком (**Тяга!**). Результаты записывают в таблицу.

Таблица 2

| Волокно   | Отношение к действию       |                                             |                   |        | Характер горения |
|-----------|----------------------------|---------------------------------------------|-------------------|--------|------------------|
|           | HNO <sub>3</sub><br>(конц) | H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub><br>(25%-ная) | NaOH<br>(10%-ная) | ацетон |                  |
| Хлопковое |                            |                                             |                   |        |                  |
| Вискозное |                            |                                             |                   |        |                  |
| Ацетатное |                            |                                             |                   |        |                  |

### **Опыт 4. Выделение и определение пектиновых веществ.**

Пектиновые вещества – высокомолекулярные соединения, широко распространенные в растениях. Относительная молекулярная масса пектиновых веществ колеблется от 50 000 до 300 000. Они являются цементирующими соединениями, своего рода клеем, скрепляющим растительные клетки; благодаря своим гидрофильным свойствам предохраняют растения от высыхания, положительно влияют на засухоустойчивость.

Главная составная часть пектиновых веществ – полигалактуроно-вая, или пектиновая, кислота. Метилированная по карбоксильной группе полигалактуроновая кислота называется пектиновой кислотой или растворимым пектином. Характерным свойством пектина является его способность давать студни в присутствии кислоты. Это свойство широко используется в кондитерской промышленности.

#### **А. Выделение растворимого пектина.**

25 г свежего материала (яблоки, сахарная свекла) растирают с битым с стеклом или кварцевым песком в фарфоровой ступке до однородной массы, переносят в коническую колбу на 500 мл, заливают 100 мл воды, нагретой до 45°C (не выше), выдерживают (при периодическом взбалтывании) 30 минут при той же температуре на водяной бане. Затем колбу плотно закрывают каучуковой пробкой и энергично взбалтывают 15-20 мин.

После этого содержимое колбы центрифугируют при 3000 г в течение 10-15 мин и собирают прозрачный раствор пектина.

Для обеспечения полноты извлечения растворимого пектина осадок повторно заливают 75 мл воды и получают второй водный экстракт; в третий раз заливают 50-60 мл воды, каждый раз отделяя растворимый пектин от осадка центрифугированием. Экстракты объединяют, доводя их общий объем по 250 мл.

#### **Б. Качественное обнаружение пектиновых веществ (реакция Эрлиха).**

3 г растительного материала нагревают в течении 30 мин с 10-20 объемами 1%-ного раствора серной кислоты в колбе с притертым холодильником при 145 °С на масляной бане. Затем гидролизат смешивают с избыточным количеством карбоната бария и нагревают на кипящей водяной бане в течении 15 мин.

Осадки сульфата бария и карбоната бария отфильтровывают, фильтрат упаривают. Раствор обрабатывают животным углем, фильтруют и смешивают с тремя объемами этилового спирта.

Полученный хлопьевидный осадок отфильтровывают, растворяют в воде и смешивают с избытком ацетата свинца. Нагревание раствора на водяной бане при наличии галактуроновой кислоты дает кирпично-красный осадок.

## Биополимеры - белки

### **Опыт 1. Денатурация белка концентрированными минеральными кислотами.**

Этот метод денатурации основан на способности минеральных кислот вызывать нейтрализацию зарядов и разрушение пространственной структуры белка, что приводит к его денатурации и осаждению.

В пробирку налейте 10 капель концентрированной азотной кислоты осторожно, держа пробирку под углом  $45^\circ$ , налейте 5 капель раствора яичного белка. Отметьте изменения на границе двух слоев жидкостей (кольцо денатурированного белка).

### **Опыт 2. Денатурация белка органическими кислотами.**

Этот метод денатурации основан на способности органических кислот нейтрализовать заряд молекулы белка и разрушать ее пространственную структуру, что приводит к его денатурации и осаждению.

В пробирку налейте 10 капель трихлоруксусной кислоты, отметьте произошедшие изменения.

### **Опыт 3. Денатурация белка солями тяжелых металлов.**

Этот метод денатурации основан на связывании ионов тяжелых металлов с функциональными группами боковых радикалов аминокислот в молекуле белка, в результате чего разрушается ее пространственная структура и происходит осаждение денатурированного белка. При добавлении избытка солей тяжелых металлов (кроме нитрата серебра и хлорида ртути (II)) из-за адсорбции иона металла первоначально образующийся осадок растворяется и белковая молекула приобретает положительный заряд.

В две пробирки внесите по 10 капель раствора белка. В первую добавьте 1-2 капли раствора сульфата меди, во вторую - 1-2 капли раствора ацетата свинца и наблюдайте за выпадением осадка белка. Затем прибавьте в каждую из пробирок по несколько капель соответствующего осадителя и наблюдайте за растворением осадка.

### **Опыт 4. Денатурация белка органическими растворителями.**

Метод основан на способности органических растворителей (спирта, хлороформа, ацетона) нарушать гидрофобные взаимодействия внутри белковой молекулы и вызывать ее денатурацию, что приводит к снижению растворимости и выпадению денатурированного белка.

В три пробирки налейте по 10 капель раствора белка и добавьте равные объемы органических растворителей: в первую – этилового спирта, во вторую – ацетона, в третью – хлороформа. Наблюдайте за выпадением осадка белка.

*При оформлении отчета укажите по каждой реакции осаждения особенности действия денатурирующих веществ, в выводах отметьте причину денатурации белка.*

## Синтез полимеров методом полимеризации. Получение полиметилметакрилата (органического стекла)

### **Опыт 1. Деполимеризация полимера полиметилметакрилата**

Мелкие кусочки полимера поместите в пробирку. Постепенно нагревайте пробирку в пламени горелки и наблюдайте за внешними признаками деполимеризации полимера: образующийся при разложении полимера метилметакрилат конденсируется в пробирке-приемнике, охлаждаемой водой; образующиеся при деполимеризации побочные продукты окрашивают метилметакрилат в желтый цвет. Полученный продукт деполимеризации разделите на две части. К одной части прилейте несколько капель бромной воды, а к другой – несколько капель перманганата калия. При этом наблюдайте обесцвечивание бромной воды и перманганата калия. Напишите схемы уравнений этих реакций.

Запишите формулу полиметилметакрилата и схему уравнения реакции деполимеризации; составьте схему уравнения реакции получения мономера – метилметакрилата – из соответствующих кислоты и спирта.

### **Опыт 2. Полимеризация эфиров метакриловой кислоты (метакрилатов)**

#### *Порядок проведения опыта*

1. Проводите полимеризацию метакрилата при 80 °С в течение 3 ч в присутствии 2 масс в % (от массы мономера) перекиси бензоила, загрузив в каждую из четырех ампул по 3 см<sup>3</sup> мономера и соответствующий растворитель:

а) в первую ампулу - 3 см<sup>3</sup> бензола, во вторую - 3 см<sup>3</sup> толуола, третью – 3 см<sup>3</sup> ксилола, в четвертую – 3 см<sup>3</sup> дихлорэтана;

б) в первую ампулу – 3 см<sup>3</sup> дихлорэтана, во вторую – 3 см<sup>3</sup> бензола, в третью – 3 см<sup>3</sup> этилацетата, в четвертую – 3 см<sup>3</sup> метилэтил- или метилпропилкетона;

в) в первую ампулу – 1 см<sup>3</sup>, во вторую – 2 см<sup>3</sup>, в третью – 3 см<sup>3</sup>, в четвертую – 4 см<sup>3</sup> бензола или дихлорэтана.

2. В каждой ампуле определите:

– выход полимера (в г или %);

– скорость полимеризации (в %/ч или %/мин и в моль/(л·с));

3. Полученные результаты занесите в табл.1. При проведении полимеризации с различным количеством растворителя постройте графики зависимости скорости полимеризации от количества растворителя.

Таблица 1

## Экспериментальные данные

| Номер опыта | Загрузка |   |      |           |   |              |   | Концентрация в растворе |        |           |        |
|-------------|----------|---|------|-----------|---|--------------|---|-------------------------|--------|-----------|--------|
|             | Мономер  |   |      | Инициатор |   | Растворитель |   | Мономер                 |        | Инициатор |        |
|             | мл       | г | моль | г         | % | мл           | г | г/л                     | моль/л | г/л       | моль/л |

| Номер опыта | Температура, °С | Время, ч | Выход полимера |   | Скорость полимеризации |            |
|-------------|-----------------|----------|----------------|---|------------------------|------------|
|             |                 |          | г              | % | %/ч                    | моль/(л·с) |

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

Приготовьте в колбе раствор инициатора в 13–14 см<sup>3</sup> мономера, возьмите из микробюретки (или пипетки) по 3 см<sup>3</sup> (мл) раствора и поместите в каждую ампулу, затем добавьте необходимое количество указанного в задании растворителя. Запаянные ампулы поместите в термостат с заданной температурой и выдержите требуемое время. По окончании полимеризации охлажденные ампулы вскройте. В случае необходимости добавьте растворитель и осаждайте полимер в спирт или петролейный эфир, проверяя полноту осаждения.

Полимер промойте осадителем, отфильтруйте и высушите в предварительно взвешенных чашках Петри сначала на воздухе, а затем в термостате при температуре 60–70 °С или в вакуум-шкафу при 30–40 °С до постоянной массы.

## Синтез полимеров методом поликонденсации

### **Опыт 1. Получение полиглицеринадипинфталата**

Процесс изготовления жестких полиэфируретановых пенопластов состоит из двух стадий: получение полиэфира и получение пенопласта.

*Получение полиэфира.* Поместите в колбу 35 г глицерина, 36,5 г адипиновой кислоты и 74 г фталевого ангидрида. Нагрейте колбу на масляной бане до расплавления смеси, затем включите мешалку, присоедините к колбе обратный холодильник, доведите температуру реакционной смеси до 160 °С. Реакцию проводите, периодически (через час) отбирая пробы до тех пор, пока кислотное число полиэфира не достигнет значения 140–160 (методику определения кислотного числа смотрите в лабораторной работе). По окончании реакции горячий продукт вылейте в фарфоровый стакан.

*Получение пенопласта.* Полученный полиэфир и рассчитанное количество толуилендиизоцианата взвесьте в фарфоровом стакане и перемешивайте шпателем до появления желто-белого окрашивания массы и выделения пузырьков углекислого газа.

После этого массу перенесите в разъемную форму и выдержите в ней не менее суток для полного вспенивания и затвердевания.

Для ускорения процесса затвердевания форму с массой можно нагревать при температуре 70–90 °С в течение двух часов. Количество толуилендиизоцианата А (в г), необходимое для получения пенопласта, рассчитайте по формуле

$$A = 1,554 Kч a/1000,$$

где **Kч** – кислотное число полиэфира;

**a** – количество полиэфира, г;

**1,554** – коэффициент пересчета.

Для получения пенопласта берут удвоенное количество толуилендиизоцианата по сравнению с рассчитанным.

### **Опыт 2. Получение полиэтиленгликольадипинсебацината**

Процесс изготовления мягких полиэфируретановых пенопластов состоит из двух стадий: получение полиэфира и получение пенопласта.

*Получение полиэфира.* Поместите в колбу 53 г диэтиленгликоля, 73 г адипиновой кислоты, 50,5 г себациновой кислоты и нагрейте колбу на масляной бане до расплавления смеси. Затем включите мешалку,

присоедините к колбе холодильник, доведите температуру смеси до 180 °С. Проводите реакцию, периодически (через час) отбирая пробы до тех пор, пока кислотное число полиэфира не достигнет значения 140–160. Горячий продукт вылейте в фарфоровый стакан.

*Получение пенопласта.* Полученный полиэфир взвесьте в фарфоровом стакане и прилейте 2 см<sup>3</sup> дистиллированной воды. Смесь тщательно перемешайте шпателем и добавьте 20 г 2, 4-толуилендиизоцианата. Затем продолжайте размешивание до появления пузырьков газа, после чего массу перенесите в разъемную форму и выдержите в течение суток до полного вспенивания.

## Синтез фенолформальдегидных полимеров

### **Опыт 1. Синтез фенолформальдегидных полимеров**

В зависимости от катализатора и других условий проведения опыта результатом реакции между фенолом и формальдегидом могут образовываться различные продукты.

Если катализатор – кислота, а фенол взят с избытком, то получается новолачная смола. Если катализатор – основание, а в избытке взят формальдегид, образуются резольные смолы (сшитые полимеры).

а) Получение новолачной смолы (**работа проводится в вытяжном шкафу!**)

В пробирку, закрытую пробкой с вертикальной трубкой, выполняющей роль обратного холодильника, поместите 2,5 г кристаллического фенола, 5 см<sup>3</sup> раствора формалина и 7–8 капель раствора соляной кислоты. Нагревайте реакционную смесь до тех пор, пока не начнется бурная реакция (при этом жидкость должна помутнеть). Дайте смеси расслоиться, после чего слейте верхний водный слой. Образовавшуюся смолу вылейте на лист бумаги или картона, проверьте растворимость смолы в спирте.

б) Получение резольной смолы (**работа проводится в вытяжном шкафу!**)

В пробирку поместите 2 г фенола, 5 см<sup>3</sup> раствора формалина и 1,0–1,5 см<sup>3</sup> концентрированного раствора аммиака. Несколько минут осторожно нагревайте пробирку до начала бурной реакции и полного растворения фенола. Когда пробирка остынет и смесь расслоится, слейте верхний водный слой. Нижний слой – смола желто-коричневого цвета – еще способна к дальнейшей полимеризации. **Осторожно подогрейте нижний слой.** Через некоторое время вся смола превратится в твердую массу. Проверьте отношение смолы к растворителю. В качестве отвердителя можно взять хлорид аммония 0,1 % от масс.

### **Оформление результатов опыта**

1. Напишите структурную формулу новолачной смолы. Укажите основные свойства линейных полимеров и растворители, в которых растворяется новолачная смола.

2. Запишите структурную формулу резольной смолы. Чем объясняется затвердевание смолы при нагревании? Укажите основные свойства пространственных полимеров, отметьте отношение смолы к растворителям.

## ***Опыт 2. Синтез анилиноформальдегидной смолы***

Порядок проведения опыта. Поместите в пробирку 10 см<sup>3</sup> анилина и 10 см<sup>3</sup> раствора формальдегида (40 г формальдегида в 100 г раствора). Закройте пробирку пробкой и, перемешивая жидкость, добейтесь образования белого осадка. Промойте осадок водой и метанолом (декантацией). Добавьте к влажному осадку 5 см<sup>3</sup> ледяной уксусной кислоты и нагревайте смесь в пламени горелки до тех пор, пока она не окрасится в желтый или оранжевый цвет. После сплавления получится прозрачный полимер.

### ***Оформление результатов опыта***

1. Составьте уравнения реакций взаимодействия анилина с формальдегидом и получения высокомолекулярного соединения из образовавшегося вещества. Опишите внешний вид полимера.

Укажите растворители, в которых растворяется полученный полимер.

2. Напишите реакцию отверждения полученного полимера.

# КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ К ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ

## Занятие 1. Тема: Основные понятия и классификация полимеров

### *Контрольные вопросы*

1. Общие сведения о полимерах, понятия, определения.
2. Дайте определение и приведите примеры органических, неорганических и элементоорганических полимеров.
3. Классификация гомоцепных полимеров, примеры.
4. Классификация гетероцепных полимеров, примеры.
5. Термодинамическая и кинетическая гибкость макромолекул. Какие факторы влияют на гибкость макромолекул?
6. Что такое конфигурация макромолекул и какие возможны разновидности конфигурации макромолекул? Примеры.
7. Что такое конформация макромолекул и какие возможны разновидности конформаций макромолекул? Примеры.
8. Какими параметрами характеризуют молекулярную массу, молекулярно-массовое распределение и полидисперсность полимеров?
9. Молекулярные характеристики олигомеров.
10. Фракционирование полимеров и построение кривых молекулярно-массового распределения.

## Занятие 2. Тема: Химические свойства полимеров

### *Контрольные вопросы*

1. Каковы отличительные особенности химических реакций полимеров с реакциями низкомолекулярных соединений?
2. Охарактеризуйте влияние различных факторов на химические реакции полимеров.
3. Чем обусловлено различие в реакционной способности функциональных групп полимера и его низкомолекулярного аналога?
4. Охарактеризуйте основные типы реакций химических превращений полимеров.
5. Как влияют на химические превращения макромолекул конформационный, конфигурационный, концентрационный, надмолекулярный и электростатический эффекты?
6. Охарактеризуйте разновидности и приведите примеры внутримолекулярных превращений полимеров.



## **Занятие 4. Тема: Макромолекулы и их поведение в растворах**

### *Контрольные вопросы*

1. Растворы полимеров являются истинными растворами или коллоидными? Аргументируйте.
2. Как влияет лиофильность или лиофобность диспергированной фазы (полимера) по отношению к дисперсионной среде на характер раствора (истинный раствор или коллоидный)?
3. Что такое набухание полимера и чем оно характеризуется количественно?
4. Назовите факторы, влияющие на отклонение растворов ВМС от законов Вант-Гофа.
5. В каких условиях размеры микромолекул в растворе называют невозмущенными?
6. Какими методами экспериментально определяют среднечисловую молекулярную массу полимера?
7. Каково значение фракционирования полимера?
8. Одним из основных гидродинамических свойств макромолекул в растворе является вязкость. Назовите ещё 2 из основных свойств и объясните их суть.
9. Что такое «жидкий кристалл» и какие типы жидких кристаллов Вам известны?

## **Занятие 5. Тема: Полимерные тела**

### *Контрольные вопросы*

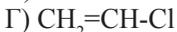
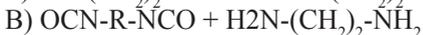
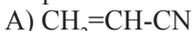
1. Назовите три основных физико-химических и механических свойств ВМС.
2. Назовите три фазовых состояния аморфных полимеров и дайте им краткую характеристику.
3. Дайте определение деформации полимеров. Какие виды деформации бывают?
4. Какова структура кристаллических полимеров?
5. Охарактеризуйте высокоэластичное состояние полимера.
6. Охарактеризуйте стеклообразное состояние полимера.
7. Охарактеризуйте вязкотекучее состояние полимера.
8. От каких факторов зависит долговечность полимеров?
9. Какие условия влияют на процессы старения и разрушения полимеров?

## КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОГО КОНТРОЛЯ

### ЗАДАНИЕ 1

1. Какие полимеры называют органическими, неорганическими, элементоорганическими, гомо- и гетероцепными? Приведите примеры для каждого типа полимера.

2. Напишите схему реакции образования полимеров из следующих мономеров:



Классифицируйте реакции образования полученных полимеров на цепные, ступенчатые, конденсационного и полимеризационного типа.

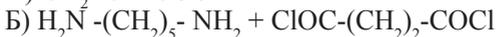
3. Каковы достоинства и недостатки основных способов проведения полимеризации?

4. Что из себя представляет процесс вулканизации? Какие полимеры способны вулканизоваться? Как изменяются свойства полимера в процессе вулканизации?

### ЗАДАНИЕ 2

1. Почему для полимеров и олигомеров характерны полидисперсность и полифункциональность? Какими параметрами характеризуют ММ и ММР?

2. Напишите схему реакции образования полимера из следующих мономеров:



Можно ли для получения тех же полимеров использовать другие мономеры?

Классифицируйте реакции образования полученных полимеров на цепные, ступенчатые, конденсационного и полимеризационного типа.

3. Каковы достоинства и недостатки основных способов проведения поликонденсации?

4. Как протекает термоокислительная деструкция полимеров?

Какие соединения при этом образуются? Перечислите основные методы защиты от термоокислительной деструкции.

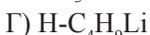
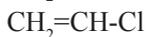
### ЗАДАНИЕ 3

1. Что такое конфигурация повторяющегося основного звена, конфигурация ближнего и дальнего порядка и конфигурация макромолекулы?

2. Рассмотрите следующие системы мономеров и катализаторов:

**Катализаторы**

**Мономеры**



Что является иницирующей частицей или активным центром каждого катализатора? Напишите уравнения реакций образования полимеров.

3. В чем отличие равновесной и неравновесной поликонденсации?

В каком случае получается полимер с более высокой ММ?

4. Что такое деструкция полимеров? Как изменяется ММ полимеров в процессе этой реакции? Какие виды деструкции вам известны?

### ЗАДАНИЕ 4

1. Что такое конформация макромолекулы и какие типы конформации вам известны? Как можно оценить размеры макромолекулы?

2. Опишите и изобразите структуры сложных полиэфиров, образующихся в результате следующих реакций поликонденсации:



Зависит ли структура каждого из полимеров от относительного содержания реагентов в реакционной смеси? Если да, то объясните, в чем заключается различие?

3. Сравните методы полимеризации и поликонденсации. В чем основные преимущества и недостатки метода поликонденсации? Приведите примеры полимеров полученных этим методом.

4. Какие вы знаете реакции химических превращений, приводящие к увеличению или уменьшению ММ полимеров? Приведите примеры.

### ЗАДАНИЕ 5

1. Что такое надмолекулярная структура? Зависит ли она от химического строения макромолекулы, ММ, ММР, конфигурации и конформации макромолекул? Привести примеры надмолекулярных структур у аморфных и кристаллических полимеров.

2. Какие преимущества имеет ионно-координационная полимеризация перед другими методами полимеризации? Каковы особенности структуры полимеров, получаемых этим методом?

3. Каковы отличительные особенности химических реакций полимеров по сравнению с реакциями низкомолекулярных соединений?

### ЗАДАНИЕ 6

1. Охарактеризуйте понятие гибкости макромолекул и факторы на неё влияющие.

2. Рассмотрите возможность циклизации в процессе поликонденсации следующих мономеров при  $m$  от 2 до 10:

А)  $H_2N-(CH_2)_m-COOH$

Б)  $HO-(CH_2)_2-OH + HOOC-(CH_2)_m-COOH$

Какие факторы определяют направление реакции в сторону циклизации или в сторону поликонденсации?

3. Каким способом можно получить стереорегулярный полимер?

Какие катализаторы используют для этих целей? Приведите схему получения стереорегулярного полимера.

4. В чем различие и сходство между полимераналогичными превращениями и внутримолекулярными реакциями? Приведите примеры реакций каждого типа.

### ЗАДАНИЕ 7

1. Какие полимеры называют природными, синтетическими и искусственными? Приведите примеры.

2. Напишите уравнение реакций образования статистических сополимеров и блок-сополимеров следующего состава:

Б)  $-[OC-R-COO-(CH_2)_2-OOC-(CH_2)_4COO-(CH_2)_2-O]_n-$

А)  $-(-OC-(CH_2)_5-NH-)n-(-OC-R-NH-)m-$

Охарактеризуйте основные методы получения привитых сополимеров и блок-сополимеров.

3. Какие вы знаете приемы повышения ММ полимеров при полимеризации?

4. Что из себя представляет процесс вулканизации? Какие полимеры способны вулканизоваться? Как изменяются свойства полимеров в процессе вулканизации?

### ЗАДАНИЕ 8

1. Какие полимеры называют органическими, неорганическими, элементоорганическими, гомо- и гетероцепными? Приведите примеры для каждого типа полимера. Напишите формулы:

А) блок-сополимера: стирол-блок-метилметакрилат,

Б) привитого сополимера: стирол-*пр*-метилметакрилат,

- В) привитого сополимера: метилметакрилат-*nr*-стирол,  
Г) регулярно чередующегося сополимера метилметакрилата и сти-  
рола.
2. Приведите уравнения реакций образования этих сополимеров.
  3. Объясните, как влияют концентрация мономера, инициатора и температура на скорость радикальной полимеризации и ММ полимера?
  4. Как протекает процесс термической деструкции полимеров? Какие факторы влияют на термостабильность полимеров?

## ВОПРОСЫ ДЛЯ ИТОГОВОГО КОНТРОЛЯ ЗНАНИЙ

1. Основные понятия и определения: полимер, олигомер, макромолекула, мономерное звено, степень полимеризации, контурная длина цепи. Молекулярные массы (среднечисловая, средневесовая) и молекулярно-массовые распределения (ММР).

2. Важнейшие свойства полимерных веществ, обусловленные большими размерами, цепным строением и гибкостью макромолекул. Роль полимеров в живой природе, их значение как промышленных материалов (пластмассы, эластомеры, волокна и пленки, покрытия). Предмет и задачи науки о высокомолекулярных соединениях (полимерах).

3. Классификация полимеров в зависимости от происхождения, химического состава, топологии макромолекул и строения основной цепи. Природные и синтетические полимеры.

4. Органические, элементоорганические и неорганические полимеры.

5. Гомополимеры, сополимеры, блоксополимеры, привитые сополимеры. Гомоцепные и гетероцепные полимеры.

6. Конфигурация макромолекулы и конфигурационная изомерия. Локальные конформационные изомеры в макромолекулах полимеров монозамещенных этиленов и диенов. Стереорегулярные макромолекулы.

7. Конформация макромолекулы и конформационная изомерия. Внутримолекулярное вращение, гибкость цепи и количественные характеристики гибкости (среднее расстояние между концами цепи, радиус макромолекулы, статистический сегмент, персистентная длина) Свободносочлененная цепь как идеализированная модель гибкой макромолекулы (гауссовы клубки).

8. Средние размеры макромолекулы с учетом постоянства валентных углов. Энергетические барьеры внутреннего вращения; понятие о природе тормозящего потенциала. Поворотные изомеры и гибкость реальных цепей.

9. Связь гибкости (жесткости) макромолекул с их химическим строением: факторы, влияющие на гибкость реальных цепей.

10. Макромолекулы в растворах. Фазовые диаграммы систем полимер-растворитель. Критические температуры растворения.

11. Термодинамическое поведение макромолекул в растворе. Отклонения от идеальности и их причины. Уравнение состояния полимера в растворе. Второй вириальный коэффициент и  $\theta$ -температура ( $\theta$ -условия). Невозмущенные размеры макромолекулы в растворе и оценка их гибкости.

12. Определение среднечисловой молекулярной массы из данных по осмотическому давлению растворов полимеров. Физико-химические основы фракционирования полимеров.

13. Светорассеяние как метод определения средневесовой молекулярной массы полимеров; определение размеров макромолекул.

14. Гидродинамические свойства макромолекул в разбавленных растворах и их вязкость. Связь характеристической вязкости с молекулярной массой и средними размерами макромолекул. Вискозиметрия как метод определения средневязкостной молекулярной массы.

15. Ионизирующиеся макромолекулы (полиэлектролиты). Химические и физико-химические особенности поведения ионизирующихся макромолекул поликислот, полиоснований и их солей, (полиамфолиты).

16. Количественные характеристики силы поликислот и полиоснований. Специфическое связывание противоионов. Кооперативные конформационные превращения ионизирующихся полипептидов в растворах.

17. Концентрированные растворы полимеров и гели. Ассоциация макромолекул в концентрированных растворах и структурообразование.

18. Жидкокристаллическое состояние жесткоцепных полимеров. Лиотропные жидкокристаллические системы и их фазовые диаграммы.

19. Структура и основные физические свойства полимерных тел. Особенности молекулярного строения полимеров и принципов упаковки макромолекул. Аморфные и кристаллические полимеры. Температура кристаллизации и температура плавления. Структура и надмолекулярная организация кристаллических полимеров.

20. Различия и сходство в структурной организации кристаллических и аморфных полимеров. Термотропные жидкокристаллические (мезоморфные) полимеры.

21. Свойства аморфных полимеров. Три физических состояния. Термомеханические кривые аморфных полимеров.

22. Высокоэластическое состояние. Термодинамика и молекулярный механизм высокоэластических деформаций. Связь между равновесной упругой силой и удлинением. Релаксационные явления в полимерах.

23. Стеклообразное состояние. Особенности полимерных стекол. Вынужденная эластичность и изотермы растяжения. Механизм вынужденно-эластической деформации. Предел вынужденной эластичности. Хрупкость полимеров.

24. Вязкотекучее состояние. Механизм вязкого течения. Кривые течения полимеров. Зависимость температуры вязкого течения от молекулярной массы. Аномалия вязкого течения.

25. Пластификация полимеров. Правила объемных и молярных долей. Механические модели аморфных полимеров.

26. Свойства кристаллических полимеров. Термомеханические кривые кристаллических и кристаллизующихся аморфных полимеров. Изотермы растяжения и молекулярный механизм «холодного течения» кристаллических полимеров и полимерных стекол при растяжении.

27. Долговечность полимерных материалов. Механизм разрушения полимеров.

28. Ориентированные структуры кристаллических и аморфных полимеров. Анизотропия механических свойств. Способы ориентации. Принципы формирования ориентированных волокон и пленок из расплавов и растворов.

29. Химические реакции, приводящие к изменению степени полимеризации макромолекул: полимераналогичные превращения и внутримолекулярные реакции. Особенности реакционной способности функциональных групп макромолекул. Примеры использования полимераналогичных превращений и внутримолекулярных реакций для получения новых полимеров.

30. Химические реакции, приводящие к изменению степени полимеризации макромолекул. Деструкция полимеров. Механизм цепной и случайной деструкции. Деполимеризация. Термоокислительная деструкция. Принципы стабилизации полимеров.

31. Сшивание полимеров (вулканизация каучуков, отверждение эпоксидных смол). Использование химических реакций макромолекул для химического и структурно-химического модифицирования полимерных материалов и изделий. Привитые и блок-сополимеры: основные принципы синтеза и физико-механические свойства.

32. Классификация основных методов получения полимеров. Полимеризация Термодинамика полимеризации. Понятие о полимеризационно-деполимеризационном равновесии.

33. Радикальная полимеризация – инициирование, рост, обрыв и передачи цепи. Типы инициаторов. Кинетика радикальной полимеризации при малых степенях превращения. Молекулярная масса и молекулярно-массовое распределение полимеров, образующихся при радикальной полимеризации.

34. Реакционная способность мономеров и радикалов.

35. Радикальная сополимеризация. Уравнение состава сополимеров. Относительные реакционные способности мономеров и радикалов.

36. Способы проведения полимеризации: в массе, в растворе, в суспензии и в эмульсии.

37. Катионная полимеризация. Характеристика мономеров, способных вступать в катионную полимеризацию. Катализаторы и сокатализаторы. Рост и ограничение роста цепей при катионной полимеризации. Влияние природы растворителя.

38. Анионная полимеризация. Характеристика мономеров, способных вступать в анионную полимеризацию. Катализаторы анионной полимеризации. Инициирование, рост и ограничение роста цепей при анионной полимеризации. «Живые цепи».

39. Координационно-ионная полимеризация в присутствии гомогенных и гетерогенных катализаторов типа Циглера-Натта. Принципы синтеза стереорегулярных полимеров.

40. Поликонденсация. Типы реакций поликонденсации. Основные различия полимеризационных и поликонденсационных процессов. Термодинамика поликонденсации и поликонденсационное равновесие. Молекулярная масса и молекулярно-массовое распределение при поликонденсации. Проведение поликонденсации в расплаве, в растворе и на границе раздела фаз.

41. Написать схему полимеризации метилметакрилата, происходящей при синтезе органического стекла.

42. Изобразить графически процесс вулканизации синтетического бутадиенового каучука (СКБ).

43. Написать уравнение реакции синтеза фенолформальдегидной смолы.

44. Написать строение натурального каучука и его транс-изомера – гуттаперчи.

45. Изобразить графически схему реакции ацетилирования целлюлозы.

46. Написать уравнение реакции получения вискозного волокна из целлюлозы.

47. Написать уравнение реакции полного нитрования целлюлозы.

48. Написать уравнение реакции полимеризации хлоропрена с образованием синтетического каучука.

49. Написать уравнение реакции синтеза полистирола.

50. Осуществить схему превращений: глюкоза → этанол → дивинил → синтетический бутадиеновый каучук.

51. Написать уравнение реакции сополимеризации акрилонитрила с бутадиеном-1,3.

52. Написать уравнение реакции поликонденсации ε-аминокапроновой кислоты.

53. Написать схему синтеза синтетического волокна «найлон».

54. Написать уравнение реакции получения синтетического волокна «лавсан».

55. Осуществить схему превращений:  $\text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CaO} \rightarrow \text{CaC}_2 \rightarrow \text{C}_2\text{H}_2 \rightarrow \text{C}_2\text{H}_4 \rightarrow$  полиэтилен.

56. Написать схему процесса поликонденсации для образования трипептида: гли – лиз – три.

57. Написать процесс превращения полихлорвинила в поливинилен.

58. Написать уравнение реакции получения сополимера: полибутадиенизопрен (синтетический каучук).

59. Написать уравнение реакции полимеризации пропилена.

60. Написать уравнение реакции полимеризации 2,3-диметилбутена-2.

61. Написать уравнение полимераналогичной реакции ацетилирования поливинилового спирта с образованием поливинилацетата.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Берлент У., Хофман А. Привитые и блок-сополимеры.- Пер. с англ. - М.: Мир, 1963. - 230 с.
2. Виноградова С.В., Васнев В.А. Поликонденсационные процессы и полимеры. - М.: Наука, 2000. - 373 с.
3. Ван Кревелен Д.В. Свойства и химическое строение полимеров. Пер. с англ. / Под ред. А.Я.Малкина. - М.: Химия, 1976. 414 с.
4. Говарикер В.Р., Висванатхан Н.В., Шридар Дж. Полимеры.: Пер. с англ. / Под ред. В.А.Кабанова.- М.: Наука, 1990.- 396 с.
5. Грасси Н. Химия процессов деструкции полимеров.: Пер.с англ. / Под ред. Ю.М.Малинского. - М.: Издательство, 1959. - 251 с.
6. Кулезнев В.Н., Шершнева В.А. Химия и физика полимеров. - М.: Высшая школа, 1988. 313 с.
7. Киреев В.В. Высокомолекулярные соединения. М.: Высшая школа, 1992. -512 с.
8. Кирпичников П.А., Аверко-Антонович Л.А., Аверко-Антонович Ю.О. Химия и технология синтетического каучука. 3-е изд. - Л.: Химия, 1987.- 424 с.
9. Лосев И.П., Тростянская Е.Б. Химия синтетических полимеров. 3-е изд. - М.: Химия, 1971. – 616 с.
10. Морган П.У. Поликонденсационные процессы синтеза полимеров: Пер. с англ. - Л.: Химия, 1970. - 448 с.
11. Мазурик В.В. Полифункциональность инициирования систем с соединениями переходных металлов в процессе полимеризации. - Л.: Наука, 1983. - 184 с.
12. Оудиан Дж. Основы химии полимеров: Пер. с англ./ Под ред. В.В. Коршака. - М.: Мир, 1974. - 614 с.
13. Платэ Н.А., Литманович А.Д., Ноа О.В. Макромолекулярные реакции. -М.: Химия, 1977. - 256 с.
14. Практикум по химии и физике полимеров./ Под ред. В.Ф. Куренкова.-3-е изд. перераб. и доп. - М.: Химия, 1995. – 256 с.
15. Практикум по высокомолекулярным соединениям/ Под ред. В.А. Кabanова. - М.: Химия, 1985. - 224 с.
16. Реакционная способность, механизмы реакций и структура в химии полимеров: Пер. с англ. / Под ред. В.В. Коршака. - М.: Мир, 1977. - 645 с.
17. Стрелихеев А.А, Деривичка В.А. Основы химии высокомолекулярных соединений. 3-е изд. перераб. и доп. - М.: Химия, 1976. – 440 с.

18. Семчиков Ю.Д., Жильцов С.Ф., Кашаева В.Н. Введение в химию полимеров. - М.: Высшая школа, 1988. - 150 с.
19. Соколов Л.Б. Поликонденсационный метод синтеза полимеров. - М.: Химия, 1966. - 312 с.
20. Старение и стабилизация полимеров/ Под ред. Н.В.Неймана. - М.: Наука, 1964. - 331 с.
21. Старение и стабилизация полимеров/Подред. А.С.Кузминского. - М.: Химия, 1966. - 210 с.
22. Тугов А.А., Кострыкина Г.И. Химия и физика полимеров. - М.: Химия, 1989. - 432 с.
23. Тагер А.А. Физико-химия полимеров. - М.: Химия, 1981. - 403 с.
24. Фойгт И. Стабилизация синтетических полимеров против действия света и тепла. Пер. с англ. Под ред. Б.М. Коварской. - Л.: Химия, 1972. - 544 с.
25. Цереза Р. Блок- и привитые сополимеры: Пер. с англ. /Под ред. С.Р. Рафикова. - М.: Мир, 1964. - 288 с.
26. Шур А.М. Высокомолекулярные соединения. - М.: Высшая школа, 1981. - 656 с.