

Компонент 04.03.01 Химия

Б1.О.22

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**

Дисциплины  
(модуля)

Высокомолекулярные соединения

Разработчик:

Воронько Н.Г.

ФИО

доцент кафедры химии

должность

доктор хим. наук, доцент

ученая степень,  
звание

Утверждено на заседании кафедры

химии

наименование кафедры

протокол № 6 «16» февраля 2024 г.

Заведующий кафедрой химии



Дякина Т.А.  
ФИО

Мурманск  
2024



### 1. Критерии и средства оценивания компетенций и индикаторов их достижения, формируемых дисциплиной (модулем)

| Код и наименование компетенции                                                                                         | Код и наименование индикатора(ов) достижения компетенции                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Результаты обучения по дисциплине (модулю)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                    | Оценочные средства текущего контроля                        | Оценочные средства промежуточной аттестации |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|
|                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | <i>Знать</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | <i>Уметь</i>                                                                                                                                                                                                                        | <i>Владеть</i>                                                                                                                                                                                                     |                                                             |                                             |
| <b>ОПК-1.</b><br>Способен анализировать и интерпретировать результаты химических экспериментов, наблюдений и измерений | <b>ИД-1опк-1</b><br>Систематизирует и анализирует результаты химических экспериментов, наблюдений, измерений, а также результаты расчетов свойств веществ и материалов.<br><b>ИД-2опк-1</b><br>Предлагает интерпретацию результатов собственных экспериментов и расчетно-теоретических работ с использованием теоретических основ традиционных и новых разделов химии.<br><b>ИД-3опк-1</b><br>Формулирует заключения и выводы по результатам анализа литературных данных, собственных экспериментальных и расчетно-теоретических работ химической | принципы полимерного (высокомолекулярного) состояния вещества и связанные с этим отличия в физико-химических свойствах по сравнению со свойствами низкомолекулярных соединений; классификацию и особенности строения полимеров; процессы полимеризации и поликонденсации, реакции, протекающие в высокомолекулярных соединениях (ВМС); механизмы поведения ВМС в растворах и расплавах; особенности кристаллического состояния полимеров | идентифицировать ВМС по химической формуле и пространственной форме; ориентироваться в методах синтеза ВМС; проводить анализ характера взаимодействия полимер-растворитель; оценивать механические и физико-химические свойства ВМС | методами экспериментальных определений физико-химических характеристик ВМС; навыками постановки эксперимента и обработки экспериментальных результатов; навыками выполнения химических лабораторных операций с ВМС | Комплект заданий для выполнения и защиты лабораторных работ | Результаты текущего контроля                |

|                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                    |                                                             |                              |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|------------------------------|
|                                                                                                                                                                                                                     | направленности.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                    |                                                             |                              |
| <b>ОПК-2.</b><br>Способен проводить с соблюдением норм техники безопасности химический эксперимент, включая синтез, анализ, изучение структуры и свойств веществ и материалов, исследование процессов с их участием | <b>ИД-1оПК-2</b><br>Работает с химическими веществами с соблюдением норм техники безопасности.<br><b>ИД-2оПК-2</b><br>Проводит синтез веществ и материалов разной природы с использованием имеющихся методик.<br><b>ИД-3оПК-2</b><br>Проводит стандартные операции для определения химического и фазового состава веществ и материалов на их основе.<br><b>ИД-4оПК-2</b><br>Проводит исследования свойств веществ и материалов с использованием серийного научного оборудования. | принципы полимерного (высокомолекулярного) состояния вещества и связанные с этим отличия в физико-химических свойствах по сравнению со свойствами низкомолекулярных соединений; классификацию и особенности молекулярного строения полимеров; процессы полимеризации и поликонденсации, реакции, протекающие в высокомолекулярных соединениях (ВМС); механизмы поведения ВМС в растворах и расплавах; особенности кристаллического состояния полимеров | идентифицировать ВМС по химической формуле и пространственной форме; ориентироваться в методах синтеза ВМС; проводить анализ характера взаимодействия полимер-растворитель; оценивать механические и физико-химические свойства ВМС | методами экспериментальных определений физико-химических характеристик ВМС; навыками постановки эксперимента и обработки экспериментальных результатов; навыками выполнения химических лабораторных операций с ВМС | Комплект заданий для выполнения и защиты лабораторных работ | Результаты текущего контроля |

## 2. Оценка уровня сформированности компетенций (индикаторов их достижения)

| Показатели оценивания компетенций (индикаторов их достижения) | Шкала и критерии оценки уровня сформированности компетенций (индикаторов их достижения)                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|---------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                               | Ниже порогового<br>(«неудовлетворительно»)                                                                                                                                                                               | Пороговый<br>(«удовлетворительно»)                                                                                                                                                                                                                      | Продвинутый<br>(«хорошо»)                                                                                                                                                                                                                | Высокий<br>(«отлично»)                                                                                                                                                                                                                                                           |
| <b>Полнота знаний</b>                                         | Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки.                                                                                                                                                   | Минимально допустимый уровень знаний. Допущены не грубые ошибки.                                                                                                                                                                                        | Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущены некоторые погрешности.                                                                                                                                           | Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки.                                                                                                                                                                                                                   |
| <b>Наличие умений</b>                                         | При выполнении стандартных заданий не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки.                                                                                                                     | Продемонстрированы основные умения. Выполнены типовые задания с не грубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме (отсутствуют пояснения, неполные выводы)                                                                              | Продемонстрированы все основные умения. Выполнены все основные задания с некоторыми погрешностями. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами.                                                                     | Продемонстрированы все основные умения. Выполнены все основные и дополнительные задания без ошибок и погрешностей. Задания выполнены в полном объеме без недочетов.                                                                                                              |
| <b>Наличие навыков (владение опытом)</b>                      | При выполнении стандартных заданий не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки.                                                                                                                      | Имеется минимальный набор навыков для выполнения стандартных заданий с некоторыми недочетами.                                                                                                                                                           | Продемонстрированы базовые навыки при выполнении стандартных заданий с некоторыми недочетами.                                                                                                                                            | Продемонстрированы все основные умения. Выполнены все основные и дополнительные задания без ошибок и погрешностей. Продемонстрирован творческий подход к решению нестандартных задач.                                                                                            |
| <b>Характеристика сформированности компетенции</b>            | Компетенции фактически не сформированы. Имеющихся знаний, умений, навыков недостаточно для решения практических (профессиональных) задач.<br><br>Зачетное количество баллов не набрано согласно установленному диапазону | Сформированность компетенций соответствует минимальным требованиям. Имеющихся знаний, умений, навыков в целом достаточно для решения практических (профессиональных) задач.<br><br>Набрано зачетное количество баллов согласно установленному диапазону | Сформированность компетенций в целом соответствует требованиям. Имеющихся знаний, умений, навыков достаточно для решения стандартных профессиональных задач.<br><br>Набрано зачетное количество баллов согласно установленному диапазону | Сформированность компетенций полностью соответствует требованиям. Имеющихся знаний, умений, навыков в полной мере достаточно для решения сложных, в том числе нестандартных, профессиональных задач.<br><br>Набрано зачетное количество баллов согласно установленному диапазону |

### 3. Критерии и шкала оценивания заданий текущего контроля

#### 3.1 Критерии и шкала оценивания лабораторных работ

Перечень лабораторных работ, описание порядка выполнения и защиты работы, требования к результатам работы, структуре и содержанию отчета и т.п. представлены в методических материалах по освоению дисциплины (модуля) и в электронном курсе в ЭИОС МАУ, а также в пособиях:

**Коновалова, И. Н.** Практикум по химии высокомолекулярных соединений : учеб. пособие для вузов / И. Н. Коновалова, К. В. Реут, Г. И. Берестова. – Мурманск : Изд-во МГТУ, 2005. - 131 с. (Библиотека МАУ – 100 экз.)

**Назаров, В. В.** Практикум и задачник по коллоидной химии. Поверхностные явления и дисперсные системы / В. В. Назаров [и др.], под ред. В. В. Назарова, А. С. Гродского. – М. : ИКЦ «Академкнига», 2007. – 374 с. : ил. (Библиотека МАУ – 30 экз.)

| Оценка                     | Критерии оценивания                                                                                                                                                                                                              |
|----------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Отлично</i>             | Задание выполнено полностью и правильно. Отчет по лабораторной работе, выполнен качественно в соответствии с требованиями. Полнота ответов на вопросы преподавателя при защите работы.                                           |
| <i>Хорошо</i>              | Задание выполнено полностью, но нет достаточного обоснования или при верном решении допущена незначительная ошибка, не влияющая на правильную последовательность рассуждений. Все требования, предъявляемые к работе, выполнены. |
| <i>Удовлетворительно</i>   | Задания выполнены частично с ошибками. Демонстрирует средний уровень выполнения задания на лабораторную работу. Большинство требований, предъявляемых к заданию, выполнены.                                                      |
| <i>Неудовлетворительно</i> | Задание выполнено со значительным количеством ошибок на низком уровне. Многие требования, предъявляемые к заданию, не выполнены. Задание не выполнено.                                                                           |

#### Примерный перечень вопросов, задаваемых при защите лабораторных работ по дисциплине «Высокомолекулярные соединения»:

| №   | Вопрос                                                                                                                                               | Формируемые компетенции |
|-----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| 1.  | Какие вещества называют полимерами?                                                                                                                  | ОПК-1<br>ОПК-2          |
| 2.  | Дайте определение понятиям: мономер, степень полимеризации, элементарное звено.                                                                      |                         |
| 3.  | Что такое среднечисловая молекулярная масса ВМС? Каковы методы её определения?                                                                       |                         |
| 4.  | Что такое среднемассовая молекулярная масса ВМС? Каковы методы ее определения?                                                                       |                         |
| 5.  | Как соотносятся среднечисловая и среднемассовая молекулярные массы ВМС?                                                                              |                         |
| 6.  | Каковы причины полидисперсности ВМС? Приведите примеры монодисперсных полимеров.                                                                     |                         |
| 7.  | В чем заключаются методы фракционирования полимеров (ультрацентрифугирование, осаждение из растворов и др.)?                                         |                         |
| 8.  | В чём заключается процесс полимеризации? Напишите уравнения реакции полимеризации следующих соединений: этилена, хлорвинила, стирола (винилбензола). |                         |
| 9.  | Какой процесс называется деполимеризацией? Приведите пример.                                                                                         |                         |
| 10. | В чём заключается процесс сополимеризации? Напишите схемы                                                                                            |                         |

|     |                                                                                                                                                                                                                       |  |
|-----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
|     | реакции сополимеризации: этилена и стирола; бутадиена и стирола.                                                                                                                                                      |  |
| 11. | В чём заключается процесс поликонденсации? Напишите реакции поликонденсации следующих соединений: фталевой кислоты и этиленгликоля; анилина и ацетальдегида; фенола и пропионового альдегида; фенола и формальдегида. |  |
| 12. | Дайте характеристику полимерам: линейным, разветвлённым, сшитым.                                                                                                                                                      |  |
| 13. | Какие полимеры называют карбоцепными? гетероцепными? сополимерами? Приведите примеры.                                                                                                                                 |  |
| 14. | Дайте определения понятиям конфигурация и конформация полимеров.                                                                                                                                                      |  |
| 15. | Перечислите и охарактеризуйте типы реакции полимеров.                                                                                                                                                                 |  |
| 16. | В чём сходство и различие между растворами ВМС и коллоидными растворами НМС?                                                                                                                                          |  |
| 17. | Каковы особенности растворения полимеров?                                                                                                                                                                             |  |
| 18. | Назовите факторы, влияющие на процесс образования растворов полимеров.                                                                                                                                                |  |
| 19. | Какой процесс называется набуханием? Как графически определить константу скорости набухания?                                                                                                                          |  |
| 20. | В каких случаях происходит ограниченное и неограниченное набухание полимера?                                                                                                                                          |  |
| 21. | Каковы основные механизмы набухания полимеров?                                                                                                                                                                        |  |
| 22. | Как влияет рН раствора на форму молекул полиамфолитов?                                                                                                                                                                |  |
| 23. | Что такое полиэлектролиты?                                                                                                                                                                                            |  |
| 24. | В чём заключаются особенности белков как полиамфолитов?                                                                                                                                                               |  |
| 25. | Что такое изоэлектрическая точка $pI$ полиамфолитов? Каково состояние макромолекулы полиамфолита в $pI$ ?                                                                                                             |  |
| 26. | Как влияет конформация макромолекул на вязкость и светорассеяние растворов полиамфолитов?                                                                                                                             |  |
| 27. | Что такое вязкость, динамическая вязкость, кинематическая вязкость? Объясните физический смысл вязкости. Закон Ньютона–Стокса.                                                                                        |  |
| 28. | Какие вы знаете методы определения вязкости?                                                                                                                                                                          |  |
| 29. | Объясните принцип действия капиллярного вискозиметра? Приведите уравнение Хагена–Пуазёйля.                                                                                                                            |  |
| 30. | Объясните принцип действия ротационного вискозиметра.                                                                                                                                                                 |  |
| 31. | Объясните принцип действия вискозиметра Гепплера.                                                                                                                                                                     |  |
| 32. | Что такое относительная, удельная, приведённая, собственная, характеристическая вязкость. Приведите уравнения Хаггинса и Крэмера.                                                                                     |  |
| 33. | В чём заключается сущность вискозиметрического метода определения молекулярной массы полимеров? Приведите уравнение Марка–Куна–Хаувинка–Сакурады.                                                                     |  |
| 34. | В чём заключается сущность криоскопического метода определения молекулярной массы полимеров?                                                                                                                          |  |
| 35. | В чём заключается сущность нефелометрического метода Дебая определения молекулярной массы полимеров?                                                                                                                  |  |
| 36. | В чём заключается высокоэластическое состояние ВМС?                                                                                                                                                                   |  |
| 37. | Назовите простейшие идеальные реологические модели (элементы).                                                                                                                                                        |  |

|     |                                                                                                                                                                            |  |
|-----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
| 38. | Какие реологические модели иллюстрируют упруговязкие и вязкоупругие свойства систем ВМС?                                                                                   |  |
| 39. | Как изменяется во времени деформация вязкоупругого тела?                                                                                                                   |  |
| 40. | В чём заключается ньютоновское, пластичное, псевдопластичное и дилатантное поведение жидкостей? Приведите типичные кривые течения для систем, проявляющих такое поведение. |  |
| 41. | Что представляют собой явления тиксотропии и реопексии?                                                                                                                    |  |

#### 4. Критерии и шкала оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю) при проведении промежуточной аттестации

##### Критерии и шкала оценивания результатов освоения дисциплины с зачётом с оценкой

Для дисциплин, заканчивающихся зачётом с оценкой, результат промежуточной аттестации складывается из баллов, набранных в ходе текущего контроля.

В ФОС включен список вопросов к зачёту с оценкой.

##### **Примерный список вопросов к зачёту с оценкой:**

1. Основные макромолекулярные характеристики: средние молекулярные массы и молекулярно-массовое распределение. Типы конфигурационной изомерии (химическая изомерия звеньев, цис–транс–изомерия, стереоизомерия).
2. Инициирование радикальной полимеризации. Типы инициаторов. Эффективность инициирования. Причины отклонения эффективности инициирования от 1.
3. Кинетическая схема радикальной полимеризации. Вывод уравнения скорости радикальной полимеризации. Анализ уравнения.
4. Кинетическая схема радикальной полимеризации. Вывод уравнения степени полимеризации. Определение относительных констант передачи цепи, отношения  $k_p/k_o^{1/2}$ .
5. Реакции передачи цепи при радикальной полимеризации. Передача цепи на инициатор. Передача цепи на мономер. Деградиционный перенос цепи. Определение относительных констант передачи цепи.
6. Регуляторы молекулярной массы. Классы соединений. Значение и применение регуляторов молекулярной массы. Определение относительных констант передачи цепи.
7. Ингибирование и регулирование радикальной полимеризации. Сильные и слабые ингибиторы (замедлители). Примеры. Индукционный период. Определение скорости инициирования методом ингибирования.
8. Радикальная полимеризация на глубоких степенях превращения. Гель-эффект. Модель обрыва цепи. Уравнение Зубова-Емельянова. Приемы подавления гель-эффекта.
9. Способы проведения радикальной полимеризации. Особенности эмульсионной полимеризации.
10. Термодинамика радикальной полимеризации. Полимеризационно-деполимеризационное равновесие. Предельная температура полимеризации. Равновесная концентрация мономера.
11. Радикальная сополимеризация. Кинетическая схема модели концевго звена. Уравнение состава сополимера.
12. Относительные активности мономеров. Физический смысл. Кривые состава сополимера.
13. Реакционная способность мономеров и радикалов. Стерический, полярный, резонансный фактор. Активные мономеры и неактивные. Правило антибатности. Схема Q-e Алфрея–Прайса.

14. Сополимеризация на глубоких степенях превращения. Композиционная неоднородность.
15. Катионная полимеризация. Мономеры, способные вступать в катионную полимеризацию. Катализаторы и сокатализаторы. Рост и ограничение роста цепей при катионной полимеризации.
16. Анионная полимеризация. Мономеры, способные вступать в анионную полимеризацию. Катализаторы анионной полимеризации. Инициирование, рост и ограничение роста цепей при анионной полимеризации. "Живые цепи".
17. Ионно-координационная полимеризация. Полимеризация диенов на алкилах металлов. Полимеризация на катализаторах Циглера-Натта.
18. Поликонденсация. Типы реакций поликонденсации. Равновесная и неравновесная поликонденсация. Роль побочного низкомолекулярного продукта.
19. Поликонденсация. Основные кинетические закономерности. Уравнение Карозерса. Сшитые и разветвленные полимеры. Точка гелеобразования.
20. Деструкция полимеров.
21. Свободно-сочлененная цепь – модель идеально гибкой макромолекулы. Идеальный гауссов клубок, характеристики его размеров: среднее квадратичное расстояние между концами цепи ( $\langle R^2 \rangle^{1/2}$ ), среднее квадратичное радиус инерции ( $\langle S^2 \rangle^{1/2}$ ). Контурная длина цепи. Распределение по размерам, распределение по плотности звеньев в клубке.
22. Реальные цепи. Размеры реальных цепей ( $\langle R^2 \rangle^{1/2}$ ,  $\langle S^2 \rangle^{1/2}$ ). Эффект исключенного объема. Набухание клубка.
23. Зависимость размеров клубка от концентрации полимера и температуры. Теорема Флори.
24. Понятие о сегменте. Термодинамический (статистический, Куна) сегмент, кинетический сегмент, механический сегмент. Расчет размеров сегмента.
25. Гибкость цепи. Поворотный-изомерный механизм. Количественные характеристики гибкости. Термодинамическая и кинетическая гибкость. Размеры и гибкость жесткоцепных полимеров. Персистентная длина.
26. Упругость идеального клубка. Природа упругой силы. Зависимость модуля упругости от температуры. Тепловые эффекты при деформации.
27. Вязкоупругость. Модель Максвелла. Релаксация напряжения..
28. Принципы расчета энтропии и энтальпии смешения. Параметр растворимости Гильдебранда. Значение. Методы определения.
29. Теория Флори–Хаггинса. Основные представления.
30. Осмотическое давление растворов полимеров. Количественные характеристики термодинамического качества растворителя.
31. Истинные растворы полимеров. Особенности. Ограниченная растворимость. Фазовые диаграммы. Правило фаз Гиббса.
32. Набухание полимеров. Гели.
33. Вязкость разбавленных растворов полимеров. Уравнение Хаггинса. Характеристическая вязкость. Уравнение Марка–Куна–Хаувинка–Сакурады.
34. Умеренно-концентрированные и концентрированные растворы полимеров. Вязкостные свойства. Аномалии вязкости. Тиксотропия. Дилатансия.
35. Стереорегулярные полимеры. Кристаллизация, кристаллические образования (особенности).
36. Термомеханическая кривая. Стеклообразное состояние. Вынужденно-эластическая деформация.
37. Три физических состояния аморфных полимеров. Влияние молекулярной массы на температуры переходов. Пластификация.
38. Стеклообразное состояние полимеров. Теории стеклования.
39. Деформационные свойства полимеров. Ориентация.

40. Механизм разрушения полимеров. Долговечность. Формула Журкова.  
 41. Вязкость разбавленных растворов полимеров. Уравнение Эйнштейна. Его универсальность. Уравнение Флори–Фокса. Значение.  
 42. Термомеханическая кривая. Высокоэластическое состояние. Признаки высокоэластической деформации. Особенности. Механизм стеклования.

|                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|----------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Хорошо</i>              | Обучающийся твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос, владеет специальной терминологией на достаточном уровне; могут возникнуть затруднения при ответе на уточняющие вопросы по рассматриваемой теме; в целом демонстрирует общую эрудицию в предметной области. |
| <i>Удовлетворительно</i>   | Обучающийся имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, плохо владеет специальной терминологией, допускает существенные ошибки при ответе, недостаточно ориентируется в источниках специализированных знаний.                                            |
| <i>Неудовлетворительно</i> | Обучающийся не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, не владеет специальной терминологией, не ориентируется в источниках специализированных знаний.<br>Нет ответа на поставленный вопрос.                             |

Оценка, полученная на зачёте, переводится в баллы («5» – 20 баллов, «4» – 15 баллов, «3» – 10 баллов) и суммируется с баллами, набранными в ходе текущего контроля.

| Итоговая оценка по дисциплине (модулю) | Суммарные баллы по дисциплине (модулю), в том числе | Критерии оценивания                                                                |
|----------------------------------------|-----------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Отлично</i>                         | 91–100                                              | Выполнены все контрольные точки текущего контроля на высоком уровне. Зачёт получен |
| <i>Хорошо</i>                          | 81–90                                               | Выполнены все контрольные точки текущего контроля. Зачёт получен                   |
| <i>Удовлетворительно</i>               | 70–80                                               | Зачёт получен                                                                      |
| <i>Неудовлетворительно</i>             | 69 и менее                                          | Контрольные точки не выполнены. Зачёт не получен                                   |

### **5. Задания диагностической работы для оценки результатов обучения по дисциплине (модулю) в рамках внутренней независимой оценки качества образования**

ФОС содержит задания для оценивания знаний, умений и навыков, демонстрирующих уровень сформированности компетенций и индикаторов их достижения в процессе освоения дисциплины (модуля).

Комплект заданий разработан таким образом, чтобы осуществить процедуру оценки каждой компетенции, формируемых дисциплиной (модулем), у обучающегося в письменной форме.

Содержание комплекта заданий включает: *тестовые задания, практико-ориентированные задания.*

## Перечень заданий для тестирования:

### Код и наименование компетенции

**ОПК-1.** Способен анализировать и интерпретировать результаты химических экспериментов, наблюдений и измерений

1. При полимеризации метилметакрилата процесс идет стационарно до 30% конверсии и образуется полимер с молекулярной массой  $1 \cdot 10^5$ , затем скорость процесса возросла и молекулярная масса полимера составила  $1 \cdot 10^6$ . По окончании процесса осталось 2% мономера – низкомолекулярного соединения. Рассчитать среднечисловую и среднемассовую молекулярные массы образующегося полимера и его полидисперсность. Принять, что на каждой стадии процесса образуется монодисперсный продукт.
2. Докажите, что отношение  $\bar{p}_w / \bar{p}_n$  является мерой полидисперсности полимера.
3. Вычислите параметр полидисперсности смеси равных по массе фракций полимеров с молекулярными массами  $1 \cdot 10^3$  и  $1 \cdot 10^5$ .
4. Почему гомополимеризация активного мономера стирола в 16–20 раз меньше скорости гомополимеризации неактивного мономера винилацетата при одинаковых условиях (инициатор, температура)?
5. Чему равна среднечисловая молекулярная масса полистирола, полученного в присутствии 0.01 моль/л *n*-бутиллития, если реакцию остановили на конверсии 70%. Плотность стирола равна 0.9 г/мл.
6. Какие из приведенных ниже полимеров деполимеризуются при термической деструкции: полиметилметакрилат, полиэтилен, поливинилхлорид, полиметилакрилат, поли- $\alpha$ -метилстирол? Напишите формулу звена каждого из них.
7. В чем заключается универсальность уравнения Флори–Фокса?
8. Из расплава полимера получают шланг, продавливая полимер через насадку экструдера. Что происходит с размерами шланга после выхода из экструдера? Ответ поясните.
9. Почему аморфные полимеры в противоположность низкомолекулярным соединениям способны самопроизвольно растворяться даже при  $\Delta H > 0$ ?
10. Почему при термическом распаде полиметилакрилата мономера не образуется, а в основном выделяется спирт и  $\text{CO}_2$  олигомеры? Напишите реакции, приводящие к их образованию.
11. Какие продукты образуются при термическом распаде поливинилхлорида, поливинилацетата, поливинилового спирта, полиметакриловой кислоты при 160–200°C? Напишите реакции образования летучих продуктов.
12. Какие из перечисленных ниже соединений могут служить стабилизаторами термоокислительной деструкции полиэтилена: диоктилфталат, гидропероксидизопропилбензола, дифенил, дифениламин, хлорид цинка.
13. Почему нельзя применять методы эбуллиоскопии и криоскопии для определения полимеров высоких молекулярных масс?
14. Предложите экспериментальные способы, с использованием которых можно отличить образец полимера от образца низкомолекулярного соединения.
15. Напишите стадии инициирования, роста, обрыва, передачи цепи при радикальной полимеризации метилметакрилата, инициатор – динитрил азоизомасляной кислоты, в качестве регулятора молекулярной массы используется *n*-бутилмеркаптан.
16. Как и во сколько раз изменится молекулярная масса полиметилметакрилата, полученного в массе (инициатор – ДАК), если увеличить концентрацию инициатора в 4 раза. Передачей цепи пренебречь.
17. Какие связи в макромолекулах мы называем "слабыми"? Приведите реакции их образования в цепях полимера. Какую роль они играют при деструкции полимеров?

18. Напишите основные реакции, которые ответственны за то, что эффективность инициирования меньше 1 при полимеризации стирола в присутствии пероксида бензоила.
19. Какие из приведенных ниже веществ можно использовать в качестве регуляторов молекулярной массы при радикальной полимеризации винилацетата: персульфат аммония, ацетон, четырёхбромистый углерод, гидрохинон, 2,6-дипрот.бутил-4-метилфенол, изопропиловый спирт, циклогексан, децилмеркаптан.
20. Какова средняя эффективность инициирования динитрилом азоизомасляной кислоты, если при полимеризации в присутствии 0.01 моль этого инициатора получен полимер, содержащий на концах макромолекул 0.012 моль осколков этого инициатора, а степень превращения инициатора составляет 80%?
21. При полимеризации 0.128 моль стирола (конверсия 70 %) в присутствии инициатора диазоаминобензола  $C_6H_5-NH-N=N-C_6H_5$  в полимере найдено 0.13% азота. Сколько инициатора останется в реакционной смеси, если принять его эффективность, равной 0.7 и начальное содержание  $5.0 \cdot 10^{-3}$  моль?
22. Напишите реакции передачи цепи при полимеризации стирола на  $CCl_4$ ,  $CBr_4$ , хлороформ, *n*-бутилмеркаптан, *n*-пропиловый спирт, изопропиловый спирт, бензол, этилбензол. Расположите растворители в порядке увеличения их реакционной способности в реакции передачи цепи. Ответ поясните.
23. Обсудите влияние активности мономера и радикала на наблюдаемую активность реакций радикала с мономером. В каком порядке можно расположить следующие мономеры на основании их активности: стирол, винилацетат, метилметакрилат, акрилонитрил? В каком порядке изменяется активность радикалов, образующихся из соответствующих мономеров?

**ОПК-2.** Способен проводить с соблюдением норм техники безопасности химический эксперимент, включая синтез, анализ, изучение структуры и свойств веществ и материалов, исследование процессов с их участием

1. Какие мономеры из перечисленных относятся к неактивным: акрилонитрил, метилметакрилат, винилацетат, метакриламид, пропилен, стирол, бутилвиниловый эфир, бутадиен-1,3.
2. Из следующего ряда мономеров выберете активные: метилакрилат, винилхлорид, метакрилонитрил, изопрен, винилацетат, стирол, метилметакрилат, акриловая кислота.
3. Почему деформационные кривые «напряжение – деформация» для эластомера при увеличении напряжения и после снятия нагрузки не совпадают?
4. Для какого из двух полимеров, находящихся в стеклообразном состоянии, – целлюлозы или полибутадиена – будет сильнее проявляться вынужденно-эластическая деформация? Почему?
5. Рассчитайте состав загрузочной смеси (в кг) при получении литьевого суспензионного полиметилметакрилата в кубовом реакторе объемом  $1 \text{ м}^3$ , если он заполняется на 2/3, соотношение мономер – вода 1:3 по объему. Инициатор – динитрил азоизомасляной кислоты, температура синтеза  $60^\circ\text{C}$ . Процесс проходит в течение 10 часов и протекает в стационарном режиме. Молекулярная масса образовавшегося полимера  $1 \cdot 10^5$ . В качестве передатчика цепи используют додецилмеркаптан. Передачей цепи на мономер пренебречь.  $k_p = 515 \text{ л}/(\text{моль} \cdot \text{с})$ ,  $k_o = 25.5 \cdot 10^6 \text{ л}/(\text{моль} \cdot \text{с})$ ,  $C_S = 0.6$ ,  $f = 0.65$ ,  $k_t = 1.2 \cdot 10^{-6} \text{ с}^{-1}$ , плотность метилметакрилата 0.890 г/мл, обрыв цепи протекает путем диспропорционирования.
6. При полимеризации 1 л стирола в массе в присутствии динитрила азоизомасляной кислоты при  $60^\circ\text{C}$  за 120 мин 10% мономера превращается в полимер. Какой молекулярной массы образуется при этом полимер, если известно, что 80% макрорадикалов обрывается диспропорционированием. Сколько процентов

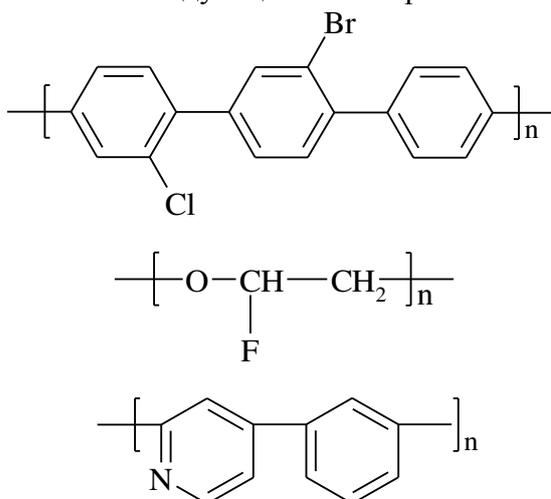
инициатора было введено в мономер? Как изменится начальная скорость процесса и молекулярная масса полимера при 10% конверсии, если в реакционную смесь ввести 50% от объема мономера  $\text{CCl}_4$ ? Плотности стирола и четыреххлористого углерода равны 0.903 и 1.545 г/мл, соответственно;  $f = 0.6$ ,  $k_t = 1.2 \cdot 10^{-5} \text{ с}^{-1}$ ,  $C_S = 9 \cdot 10^{-3}$ ,  $C_M = 0.6 \cdot 10^{-4}$ ,  $k_p/k_o^{0.5} = 0.026 \text{ л}^{0.5}/(\text{моль} \cdot \text{с})^{0.5}$ .

7. Образец полистирола состоит из ряда фракций:

| № фракции | Масса фракции, г | Молекулярная масса фракции $M_i \cdot 10^{-3}$ |
|-----------|------------------|------------------------------------------------|
| 1         | 26               | 10                                             |
| 2         | 70               | 20                                             |
| 3         | 110              | 30                                             |
| 4         | 130              | 40                                             |
| 5         | 128              | 50                                             |
| 6         | 100              | 60                                             |
| 7         | 68               | 70                                             |
| 8         | 44               | 80                                             |
| 9         | 26               | 90                                             |
| 10        | 14               | 100                                            |

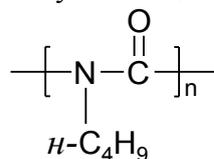
Вычислите среднечисловую, среднемассовую молекулярные массы и параметр полидисперсности. Постройте дифференциальную и интегральную (числовую и массовую) кривые молекулярно-массового распределения.

8. Назовите по номенклатуре ИЮПАК следующие полимеры:

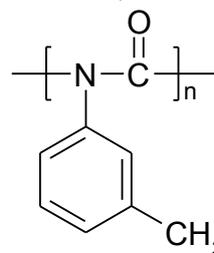


- Используя стирол и изопрен в качестве мономеров, предложите способ получения блок-сополимеров.
- Докажите, что клубок является рыхлым: какая доля объема клубка занята собственно звеньями цепи при молекулярных массах  $10^5$  и  $10^6$ . Примите, что объем звена равен  $l^3$  ( $l$  – длина звена), молекулярная масса звена 100, клубок имеет форму сферы.
- Чему равна предельная степень превращения изобутилена в полимер при  $20^\circ\text{C}$ , если стандартная энтальпия полимеризации изобутилена  $-48 \text{ кДж/моль}$ , стандартная энтропия полимеризации  $-177 \text{ Дж}/(\text{моль} \cdot \text{К})$ . Плотность мономера 0.56 г/мл.
- Метилметакрилат получен суспензионной полимеризацией. В качестве дисперсионной среды Вы выберете: а) ацетон, б) воду, в) диэтиловый эфир; в качестве инициатора: а) пероксид бензоила, б) персульфат калия, в) динитрил азоизомасляной кислоты, г) реактив Фентона. Свой выбор мотивировать.
- Охарактеризуйте ход кривых состава сополимера на качественном уровне для каждой из перечисленных ниже систем сомономеров: стирол – винилхлорид, винилацетат – метилакрилат, аллилацетат – метилметакрилат, бутадиен-1,3 – акрилонитрил,

- метилметакрилат – N-винилпирролидон, стирол – метилметакрилат, метилметакрилат – метилакрилат. Ответ поясните.
14. Возрастание общей скорости радикальной полимеризации в блоке при конверсиях выше 15% обусловлено:
    - а) увеличением скорости роста
    - б) уменьшением скорости обрыва
    - в) уменьшением скорости инициирования
    - г) всеми тремя факторами
  15. При увеличении скорости инициирования в 2 раза скорость радикальной полимеризации
    - а) увеличивается в 2 раза
    - б) уменьшается в  $\sqrt{2}$  раз
    - в) увеличивается в 4 раза
    - г) увеличивается в  $\sqrt{2}$  раз
    - д) уменьшается в 2 раза
    - е) не изменяется
  16. После полимеризации 0.5 л раствора винилхлорида, содержащего 0.025 моль/л динитрила азоизомасляной кислоты, в реакционной смеси обнаружено 0.0025 моль/л непрореагировавшего инициатора. Сколько инициатора вошло в состав полимера, если средняя эффективность инициирования равна 0.6?
  17. Что будет представлять собой образец после завершения полимеризации стирола (Ст) с малеиновым ангидридом (МАН) при различных соотношениях мономеров в реакционной системе:  $M_{Ст} : M_{МАН} = 0.7 : 0.3$ ,  $M_{Ст} : M_{МАН} = 1 (0.5 : 0.5)$ ,  $M_{Ст} : M_{МАН} = 0.3 : 0.7$ ?
  18. Как можно доказать, что при деструкции полимера имеет место в значительной степени  $\beta$ -распад срединных макрорадикалов?
  19. К резиновой нити подвешен груз определенной массы ( $\sigma = \text{const}$ ). Что произойдет с нитью при увеличении температуры: она растянется или сожмётся? Почему? Как изменится температура образца резины при: а) растяжении; б) сжатии; в) снятии нагрузки после растяжения; г) снятии нагрузки после сжатии?
  20. Рассчитайте контурную длину цепи, среднеквадратичное расстояние между концами цепи и радиус инерции, для полиметилметакрилата, если его молекулярная масса равна  $10^6$ , угол внутреннего вращения  $30^\circ$ , длина сегмента 0.8 нм.
  21. Объясните, почему сегмент Куна поли-*n*-бутилизоцианата



в 50 раз больше, чем у поли-*m*-толилизотиоцианата.



22. Какие из следующих полимеров, полученных методом радикальной полимеризации, могут кристаллизоваться: полистирол, политетрафторэтилен, полиметилметакрилат, поливинилхлорид?

### Примерный вариант тестового задания:

1. При полимеризации метилметакрилата процесс идет стационарно до 30% конверсии и образуется полимер с молекулярной массой  $1 \cdot 10^5$ , затем скорость процесса возросла и молекулярная масса полимера составила  $1 \cdot 10^6$ . По окончании процесса осталось 2% мономера – низкомолекулярного соединения. Рассчитать среднечисловую и среднемассовую молекулярные массы образующегося полимера и его полидисперсность. Принять, что на каждой стадии процесса образуется монодисперсный продукт.
2. Почему при термическом распаде полиметилакрилата мономера не образуется, а в основном выделяется спирт и  $\text{CO}_2$  олигомеры? Напишите реакции, приводящие к их образованию.
3. Рассчитайте состав загрузочной смеси (в кг) при получении литьевого суспензионного полиметилметакрилата в кубовом реакторе объемом  $1 \text{ м}^3$ , если он заполняется на  $2/3$ , соотношение мономер – вода 1:3 по объему. Инициатор – динитрил азоизомасляной кислоты, температура синтеза  $60^\circ\text{C}$ . Процесс проходит в течение 10 часов и протекает в стационарном режиме. Молекулярная масса образовавшегося полимера  $1 \cdot 10^5$ . В качестве передатчика цепи используют додецилмеркаптан. Передачей цепи на мономер пренебречь.  $k_p = 515 \text{ л}/(\text{моль} \cdot \text{с})$ ,  $k_o = 25.5 \cdot 10^6 \text{ л}/(\text{моль} \cdot \text{с})$ ,  $C_S = 0.6$ ,  $f = 0.65$ ,  $k_t = 1.2 \cdot 10^{-6} \text{ с}^{-1}$ , плотность метилметакрилата  $0.890 \text{ г/мл}$ , обрыв цепи протекает путем диспропорционирования.
4. Возрастание общей скорости радикальной полимеризации в блоке при конверсиях выше 15% обусловлено:
  - а) увеличением скорости роста
  - б) уменьшением скорости обрыва
  - в) уменьшением скорости инициирования
  - г) всеми тремя факторами
5. Какие из следующих полимеров, полученных методом радикальной полимеризации, могут кристаллизоваться: полистирол, политетрафторэтилен, полиметилметакрилат, поливинилхлорид?