

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (НИ ТГУ)

Химический факультет

УТВЕРЖДЕНО:

И.о. декана химического факультета  
А. С. Князев

Оценочные материалы по дисциплине

**Высокомолекулярные соединения**

по направлению подготовки / специальности

**04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия**

Направленность (профиль) подготовки / специализация:

**Фундаментальная и прикладная химия**

Форма обучения

**Очная**

Квалификация

**химик-специалист, преподаватель**

Год приема

**2023**

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ОП  
В.В. Шелковников

Председатель УМК

Л.Н. Мишенина

## 1. Компетенции и индикаторы их достижения, проверяемые данными оценочными материалами

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

- ОПК-1. Способен анализировать и интерпретировать результаты химических экспериментов, наблюдений и измерений в различных областях химии;
- ОПК-2. Способен проводить синтез, анализ, изучение структуры и свойств веществ и материалов, исследовать процессы с их участием.

Результатами освоения дисциплины являются следующие индикаторы достижения компетенций:

РООПК 1.1 Знает теоретические основы неорганической, органической, физической и аналитической химии, применяет их при решении профессиональных задач в других областях химии.

РООПК 1.2 Умеет систематизировать и интерпретировать результаты экспериментов и расчетно-теоретических работ с использованием теоретических основ традиционных и новых разделов химии

РООПК 1.3 Умеет грамотно формулировать заключения и выводы по результатам работы

РООПК 2.1 Знает стандартные приемы и операции, используемые при получении веществ неорганической и органической природы

РООПК 2.2 Знает теоретические основы методов изучения состава, структуры и свойств для грамотного выбора метода исследования

РООПК 2.3 Умеет проводить стандартные синтезы по готовым методикам, выполнять стандартные операции для определения химического и фазового состава веществ и материалов, а также использовать серийное научное оборудование для изучения их свойств.

## 2. Оценочные материалы текущего контроля и критерии оценивания

Элементы текущего контроля:

- тесты;
- контрольная работа;
- устный опрос;
- индивидуальное задание;
- отчеты по лабораторному практикуму.

Примеры.

Тест (РООПК-2.2.)

1. Как изменяется степень свернутости макромолекулы карбоцепного полимера при переходе от модели свободно сочлененной цепи к цепи с фиксированными валентными углами?

- А. Не изменяется
- Б. Увеличивается
- В. Уменьшается
- Г. Нельзя сказать однозначно

2. Определяющее влияние на зависимость ( $H_2$ ) от температуры в выражении для среднеквадратичного расстояния между концами цепи ( $H_2$ ) оказывает:

$$\overline{H^2} = L^2 \cdot \overline{P_N} \cdot \frac{1 - \cos Q}{1 + \cos Q} \cdot \frac{1 + \overline{\cos \gamma}}{1 - \overline{\cos \gamma}}$$

- А. Q – валентный угол
- Б. L - длина звена

В.  $P_N$  - среднечисловая степень полимеризации

Г.  $\gamma$  – угол внутреннего вращения

Ключи: 1 Б), 2 Г).

Критерии оценивания: тест считается пройденным, если обучающий ответил правильно как минимум на 60-% вопросов.

Контрольная работа (РООПК 1.1.).

Контрольная работа состоит из 2 вопросов.

Примеры вопросов контрольной работы:

1. Из каких мономеров получают полиолефины? Приведите формулы мономеров и повторяющихся звеньев этих полимеров. По каким принципам образуются названия полиолефинов?

2. Из каких мономеров получают такие конденсационные полимеры как полиэфиры? Приведите формулы мономеров и повторяющихся звеньев этих полимеров. По каким принципам образуются названия полиэфиры?

3. Приведите примеры природных полимеров. Приведите формулы повторяющегося звена этих полимеров.

4. В чем отличие синтетических полимеров от природных? Приведите примеры синтетических полимеров. Напишите формулы мономеров и повторяющихся звеньев 3 - 4 полимеров.

5. Что такое искусственные полимеры? Как они получают в промышленности? Приведите примеры.

Критерии оценивания:

Оценка «отлично» - ответ полный и правильный, возможна несущественная ошибка, оценка «хорошо» - ответ неполный или допущено не более двух несущественных ошибок, оценка «удовлетворительно» - работа выполнена не менее чем наполовину, допущена одна существенная ошибка и при этом две-три несущественные, оценка «неудовлетворительно» - работа выполнена меньше чем наполовину или содержит несколько существенных ошибок.

Устный опрос (РООПК 2.1., РООПК 2.2.).

Примеры вопросов для устных опросов:

Почему для экспериментального определения среднечисленной и среднемассовой молекулярных масс используются разные методы?

Какие вещества образуются в результате термического крекинга алканов?

Какова природа вязкости растворов полимеров?

Как изменится кинетическая гибкость макромолекул при переходе от полимерного тела к раствору полимера?

Какие изменения термодинамических параметров полимеров могут служить доказательством фазовых переходов первого рода? Изменение производных каких термодинамических параметров является характерным для фазовых переходов второго рода?

Какие физические состояния характерны для аморфных полимеров? С помощью каких методов определяются температурные области существования физических состояний полимеров?

Привести примеры, иллюстрирующие правило антибатности.

Какие реакции приводят к обрыву материальной и кинетической цепи?

Какие реакции приводят к обрыву только материальной цепи при сохранении кинетической? Назовите основные агенты передачи цепи при радикальной полимеризации. Напишите реакции передачи цепи, протекающие при свободнорадикальной полимеризации.

Какие факторы влияют на состав сополимеров при радикальной сополимеризации?

Почему при синтезе полиуретанов всегда берется избыток диизоцианата относительно диола? Напишите схему поликонденсации этиленгликоля и 2,5-толуолдиизоцианата. Какие побочные реакции при этом протекают?

Предложить схему получения полиакриловой кислоты из полиакрилонитрила.

Критерии оценивания:

Оценка «отлично» - ответ полный и правильный на основании изученного теоретического материала; материал изложен в определенной логической последовательности, с использованием научного языка и правильной терминологии; ответ полностью самостоятельный.

Оценка «хорошо» - • ответ полный и правильный на основании изученного теоретического материала; материал изложен в определенной логической последовательности, при этом допущены две-три несущественные ошибки, исправленные по требованию преподавателя.

Оценка «удовлетворительно» - ответ полный, но при этом допущены 1-2 существенные ошибки или ответ неполный, несвязный.

Оценка «неудовлетворительно» - при ответе обнаружено непонимание студентом основного содержания учебного материала или допущены существенные ошибки, которые студент не может исправить при наводящих вопросах преподавателя.

Индивидуальное задание (РООПК 1.1., РООПК 2.2). Студент должен выполнить 4 индивидуальных задания.

Примеры вопросов и задач индивидуальных заданий:

ИДЗ-1

1. Приведите структурную формулу линолевой кислоты. Можно ли ее назвать полимером? Ответ обоснуйте.
2. Сколько атомов углерода содержится в цепи макромолекулы полимера, полученного полимеризацией этилена, если его средняя молекулярная масса составляет 280000?
3. Рассчитать среднечисловую и среднемассовую молекулярные массы, а также степень полидисперсности полиметилметакрилата, который содержит следующие фракции: (масс. %/  $M_i$ ): 17/40000; 15/60000; 29/60000; 37/70000; 2/50000. В чем отличие понятия молекулярной массы полимеров и низкомолекулярных соединений?
4. Какими параметрами характеризуют молекулярную массу и молекулярно-массовое распределение?

ИДЗ-2

1. Написать химические формулы следующих полимеров, расположив их в порядке возрастания гибкости цепи: полиакриловая кислота, полиэтилен, полипропилен, полиэтиленоксид.
2. Были приготовлены разбавленный (0.01 %) и концентрированный (10 %) растворы ПВХ) в ацетоне и из них высушиванием на стекле получены пленки. В результате электронно-микроскопических исследований установлено, что в первом случае наблюдается большое количество глобулярных структур, а во втором – фибриллярных. Объясните возможную причину различного структурообразования ПВХ.
3. По результатам вискозиметрических измерений рассчитать средневязкостную ММ этилцеллюлозы в бензоле при 25 °С ( $K=2.92 \cdot 10^{-4}$ ,  $\alpha=0.54$ ). Навеску полимера массой 0.0365 г растворяли в пикнометре объемом 14.56 мл. Первоначальный объем раствора 10 мл.

$\tau_{р-ля}, c$	$V_1=10.0$ мл	$V_2=12.0$ мл	$V_3=15.0$ мл	$V_4=20.0$ мл	$V_5=30.0$ мл
232.65	262.62	254.7	243.99	242.1	237.69

4. Какие отличия имеет термомеханическая кривая для сшитых аморфных полимеров по сравнению с линейными аморфными полимерами?

5. Укажите основное отличие высокоэластического полимера от обычных низкомолекулярных веществ, его агрегатное и фазовое состояния.

#### ИДЗ-3

1. Механизм фотополимеризации винилиденхлорида. Как влияет температура на скорость реакции и ММ полимера?

2. Влияние противоиона и полярности среды на скорость катионной полимеризации.

3. Полимеризацию винилэтилового эфира вызывает:

- 1) литий в толуоле
- 2) хлорид олова (IV) в бензоле
- 3) бутиллитий в тетрагидрофуране

Приведите механизмы.

4. Докажите, что скорость катионной полимеризации выше радикальной.

5. Оцените эффективность ингибитора, если в отсутствие ингибитора 1 кг мономера заполимеризовался за 12 часов, а с добавкой 2 г гидрохинона за 6 месяцев в тех же условиях.

#### ИДЗ-4

1. На основании величин  $Q$  и  $e$  рассчитать значения  $r_1$  и  $r_2$  для пары сомономеров Акриламид (1.2 и 1.3) и Акролеин (0.85 и 0.73).

2. Построить диаграмму состав сополимера – состав исходной смеси мономеров.

3. Охарактеризовать состав сополимера и распределение звеньев.

4. Рассчитать состав сополимера при составе исходной смеси мономеров  $f_1 = 0.37$  и  $f_2 = 0.63$ . При наличии азеотропной смеси определить на диаграмме точку азеотропа.

Критерии оценивания:

«Зачет», в случае выполнения всех задач и заданий, или «не зачет», в случае невыполнения хотя бы одного задания; исправления делаются до выставления оценки «зачет».

Отчеты по лабораторному практикуму.

Вопросы для подготовки к выполнению лабораторного практикума:

Охарактеризуйте зависимость молекулярной массы полимеров, полученных методом радикальной полимеризации, от различных факторов (концентрации мономера, инициатора, передатчика цепи, времени синтеза, температуры).

Приведите полный механизм полимеризации акриламида методом радикальной полимеризации в воде под влиянием персульфата аммония.

Как обрабатываются результаты вискозиметрических измерений? Что такое относительная, удельная и приведенная вязкость? Как определяется характеристическая вязкость?

Требования по оформлению отчета:

Титульный лист является первой страницей отчета по лабораторной работе и служит источником информации, необходимой для поиска и обработки документа.

На титульном листе отчета по лабораторной работе обязательно приводятся следующие данные: - наименование вышестоящей организации; - наименование типа учебного заведения; - наименование учебного заведения; - кафедра, проводящая лабораторные работы; - номер лабораторной работы; - название лабораторной работы; - данные о группе и студенте, выполнявшего лабораторную работу; - данные о преподавателе, проверяющего отчет студента по лабораторной работе; - город и год.

При проверке преподавателем студенческих отчетов по лабораторным работам на титульном листе преподавателем записываются замечания по отчету.

В отчете по лабораторной работе обязательно должна быть указана цель (цели) лабораторной работы и задачи, на которые была разбита цель.

В отчете по лабораторной работе обязательно должны быть указаны теоретические сведения, необходимые для выполнения лабораторной работы и приведены механизмы реакций, лежащие в основе изучения в рамках лабораторной работы.

В конце теоретических сведений помещается описание лабораторной установки, указываются исходные данные по лабораторной работе. приводятся все полученные данные, расчеты и графические построения, необходимые для достижения цели (целей) лабораторной работы.

Отчет по лабораторной работе обязательно должен содержать выводы по лабораторной работе. Выводы по лабораторной работе должны отражать факт достижения цели лабораторной работы.

Список используемой литературы Список используемой литературы оформляется в соответствии с ГОСТ Р 7.05 – 2008.

Критерии оценивания:

«Зачет», в случае достижения всех целей и задач лабораторной работы, выполнения всех требований к оформлению отчета, «не зачет», в случае невыполнения хотя бы одного требования; исправления делаются до выставления оценки «зачет».

### **3. Оценочные материалы итогового контроля (промежуточной аттестации) и критерии оценивания**

**Зачет** в 6 семестре проводится в письменной форме и включает задания по механизмам реакций синтеза и химической модификации полимеров.

Примеры заданий:

1. Написать полный механизм радикальной полимеризации стирола в присутствии подходящего катализатора. Как можно снизить ММ образующегося полимера?

2. Написать реакции, приводящие к получению полимеров из следующих мономеров:

- a. этиленгликоль + дихлорангидрид пара-фталевой кислоты,
- b. гексаметилендиамин + себациновая кислота

3. Написать полный механизм полимеризации стирола с целью получения продукта с узким ММР и высокой ММ. Указать необходимые условия проведения процесса.

4. Как можно осуществить сшивку полиметакриловой кислоты – получить гель ПМАК?

5. Написать полный механизм катионной полимеризации стирола. Указать необходимые условия проведения процесса.

6. Написать реакцию получения полиуретанов. Указать необходимые условия проведения процесса.

При выставлении зачета учитываются результаты текущего контроля выполнения учебного плана, проверяющие РООПК 1.2, РООПК 1.3, РООПК 2.1, РООПК 2.3, т.е. положительные оценки за контрольные работы, выполнение 4-х индивидуальных заданий, выполнение лабораторного практикума. Результаты зачета определяются оценками «зачет» или «незачет».

Экзамен проводится в форме устного ответа на вопросы по билетам. Экзаменационный билет содержит 2 теоретических вопроса, проверяющих РООПК 1.1, РООПК 2.2. Третий вопрос содержит задание, касающееся механизмов получения конкретного полимера и характеристики его свойств (проверяется РООПК 2.1 и РООПК 2.2). Продолжительность экзамена 1,5 часа.

Примеры экзаменационных билетов.

Билет 1.

1. Мономер, олигомер, макромолекула, повторяющееся звено, полимер, средняя степень полимеризации. Гомополимеры, сополимеры. Различные классификации полимеров. Топология макромолекулярных цепей.

2. Термодинамический аспект полимеризации винильных мономеров. Полимеризационно-деполимеризационное равновесие. Кинетическая разрешимость полимеризации, реакционная способность мономеров.

3. 1. Синтез полиамидов через соль АГ.

Билет 2.

1. Конфигурационная изомерия макромолекул. Конфигурационные уровни. Стереорегулярные полимеры.

2. Кинетика радикальной полимеризации винильных мономеров. Анализ уравнения скорости радикальной полимеризации. Молекулярно-массовые характеристики полимеров, полученных методом радикальной полимеризации.

3. Отверждение ненасыщенных полиэфиров.

Билет 3.

1. Макромолекулы в растворах. Гидродинамические свойства макромолекул в растворе. Вязкость.

2. Катионная ПМ. Роль температуры и природы растворителя. Мономеры и катализаторы, механизм (элементарные акты – рост, обрыв и передача цепи), молекулярно-массовые характеристики полимеров. Кинетика катионной полимеризации.

3. Синтез полистирола по методу «живых» цепей (полимеризация с участием переноса электрона (Na-нафталин)).

Результаты экзамена определяются оценками «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно». Критерии экзаменационной оценки: «неудовлетворительно» - незнание либо отрывочное представление о материале, включенном в список вопросов для сдачи экзамена, неумение оперировать понятиями дисциплины; плохое знание рекомендованной литературы, неумение логически определенно и последовательно излагать ответ; «удовлетворительно» - фрагментарные, поверхностные знания материала, затруднения с использованием понятийного аппарата и терминологии, недостаточное знание рекомендованной литературы, недостаточно логичное и аргументированное изложение ответа; «хорошо» - знание ключевых проблем и основного содержания материала, включенного в список вопросов для поступающих в аспирантуру, умение оперировать понятиями по своей тематике, в целом логически корректное, но не всегда точное и аргументированное изложение ответа; «отлично» - глубокое знание всего материала, свободное владение понятийным аппаратом, научным языком и терминологией, знание основной литературы и знакомство с дополнительно рекомендованной литературой, логически правильное и убедительное изложение ответа.

#### 4. Оценочные материалы для проверки остаточных знаний (сформированности компетенций)

Тест

1. Вопрос на соответствие (РООПК 1.1.)

Сопоставление понятия и определения этого понятия

Вопрос	Ответ
Температура хрупкости	температура, при которой полимер разрушается в момент достижения предела вынужденной эластичности
Температура стеклования	температура, при которой при охлаждении полимер становится твердым, часто прозрачным, а свободный объем достигает 2,5 % от объема тела
Температура текучести	температура, при которой развиваются необратимые деформации

Вопрос	Ответ
Температура термической деструкции	температура, при которой полимер претерпевает необратимые изменения своей химической структуры
Температура плавления	температура, при достижении которой происходит разрушение кристаллической структуры полимеров.

2. Вопрос на выбор нескольких вариантов ответов (РООПК 1.2)  
Верными будут утверждения ....:

A.	высокоэластическое состояние - неравновесное, релаксационное состояние
B.	полимер в высокоэластическом состоянии - твердый по агрегатному, аморфный по фазовому состоянию
C.	высокоэластические свойства восстанавливаются при прекращении действия сил, вызывающих деформации, связанные с подвижностью сегментов макромолекулы
D.	высокоэластическое состояние характерно только для полимеров
E.	при нагревании или растворении наблюдается необратимая потеря высокоэластических свойств образца

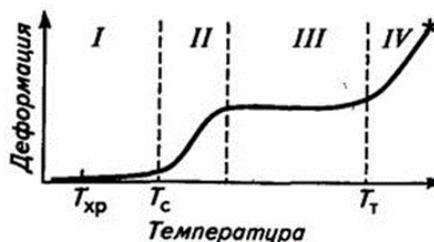
3. Вопрос на выбор нескольких вариантов ответов (РООПК 1.2)  
Условия, необходимые для осуществления процесса кристаллизации полимеров - ....:

Ответы
максимальная жесткость полимера
регулярность химического и геометрического строения макромолекул
выполнение условий плотной упаковки макромолекул
выбор температуры кристаллизации выше температуры стеклования полимера
выбор температур кристаллизации ниже $T_c$ полимера

Вопрос на короткий ответ (РООПК 2.2)

4. Только для полимеров характерна область под номером ... на термомеханической кривой

Ответы
3
III



5. Вопрос на один ответ (РООПК 1.3.)  
Полимеры нельзя перегнать, так как...

невозможно создать температуру, достаточную для перехода полимеров в газообразное состояние
при температуре, необходимой для перегонки полимера, происходит его химическое разложение
полимеры не переходят в жидкое состояние
полимеры существуют только в твердом агрегатном состоянии
полимеры существуют только в аморфном фазовом состоянии

6. Вопрос на один ответ (РООПК 2.1.)

Для каких полимеров характерно набухание?

все полимеры при растворении проходят стадию набухания
сшитых
линейных
разветвленных
полимеры не набухают

7. Вопрос на один ответ (РООПК 1.2.)

Термомеханическая кривая показывает зависимость ...

деформации от температуры
напряжения от деформации
напряжения от температуры
деформации от времени
напряжение от времени

8. Вопрос на один ответ (РООПК 2.1)

**Назовите синтетическое волокно:**

лавсан
хлопок
вискоза
шерсть
шелк

9. Вопрос на один ответ (РООПК 2.2)

10. Вопрос на один ответ (РООПК 2.2)

Стадия полимеризации, на которой происходит образование активных центров, называется...

инициирование
конденсация
ингибирование
рацемизация
замедление

11. Вопрос на один ответ (РООПК1.2)

Структурное звено  $-\text{CH}_2-\text{CH}(\text{C}_6\text{H}_5)-$  содержится в макромолекулах...

полистирола
полифенола
полибензола
полиэтилена
полифенилена

12. Теоретические вопросы, предполагающие развернутый ответ (РООПК 1.2, РООПК 2.2., РООПК 1.3.):

Назовите элементарные стадии цепной полимеризации.

Можно ли назвать полимером линолевою кислоту, целлюлозу, полипропилен?

Почему?

$\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH=CH-CH}_2\text{-CH=CH-CH}_2\text{-CH=CH-(CH}_2\text{)}_7\text{-COOH}$  (формула линолевой кислоты)

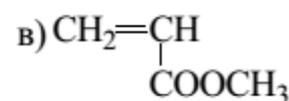
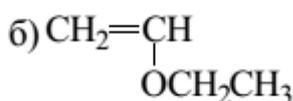
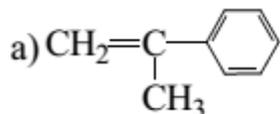
В полимерах, находящихся в вязкотекучем состоянии, могут проявляться деформации:

1. упругие 2. высокоэластические 3. необратимые 4. Растяжения

В чем заключается химическое инициирование полимеризации? Приведите примеры наиболее распространенных инициаторов, напишите реакции их распада.

Какие существуют способы регулирования молекулярной массы полимеров при их синтезе?

По какому виду ионной полимеризации могут быть получены полимеры из представленных ниже мономеров?



Какие факторы влияют на состав сополимера при радикальной сополимеризации?

Рассмотрите возможность циклизации в процессе поликонденсации следующих мономеров: а)  $\text{HO-(CH}_2\text{)}_2\text{-OH} + \text{HOOC-(CH}_2\text{)}_m\text{-COOH}$ , б)  $\text{H}_2\text{N-(CH}_2\text{)}_m\text{-COOH}$  при  $m$  от 2 до 10. На какой стадии реакции циклизация становится возможной? Каковы доминирующие факторы в определении направления в сторону циклизации или в сторону линейной поликонденсации?

Как отражается стереорегулярность цепи полиакриловой кислоты на степень превращения при протекании реакции ангидридации?

### Информация о разработчиках

Березина Елена Михайловна, кандидат химических наук, доцент, кафедра высокомолекулярных соединений Национального исследовательского Томского государственного университета, доцент.