

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ПРОМЫШЛЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ДИЗАЙНА»

Кафедра химических технологий имени проф. А. А. Хархарова

ХИМИЯ ПОЛИМЕРОВ

Методические указания к самостоятельному изучению дисциплины и
выполнению контрольной работы для студентов заочной формы обучения по
направлению 18.03.01 «Химическая технология»

(профиль – Химическая технология органических и неорганических веществ,
степень «Бакалавр»)

Составители: Е. С. Сашина,
О. И. Яковлева,
М. С. Калугина

Санкт-Петербург 2022

УТВЕРЖДЕНО

на заседании кафедры химических технологий
имени профессора А.А. Хархарова

Протокол № от 20 г.

Рецензент

Методические указания к выполнению контрольной работы по дисциплине «Химия полимеров» разработаны в соответствии с требованиями ФГОС 3++ и предназначены для самостоятельного изучения дисциплины студентами заочной формы обучения направления подготовки бакалавриата 18.03.01 «Химическая технология».

Учебное электронное издание сетевого распространения

Издано в авторской редакции

Системные требования: электронное устройство с программным обеспечением для воспроизведения файлов формата PDF

Режим доступа: , по паролю. – Загл. с экрана.

Дата подписания к использованию г.

Рег. №

ФГБОУВО «СПбГУПТД»

Юридический и почтовый адрес: 191186, Санкт-Петербург, ул. Большая Морская, 18. <http://sutd.ru>

Оглавление

Вопросы для промежуточной аттестации.....	3
Тесты для самопроверки по дисциплине.....	5
Темы контрольных работ по дисциплине «Химия полимеров»	11
Структура и содержание контрольной работы по дисциплине	12
Лабораторный практикум.....	14
Основная учебная литература.....	23
Дополнительная учебная литература.....	24

Вопросы для промежуточной аттестации

1. Значение и назначение полимерных материалов в различных областях.
2. Строение полимеров, типы связей в полимерах.
3. Классификация полимеров.
4. Основные методы синтеза полимеров
5. Строение полимеров, атактические и стереорегулярные полимеры.
6. Цепная полимеризация. Радикальная и ионная полимеризация. Катализаторы.
7. Поликонденсация, примеры реакций поликонденсации.
8. Полимеризация путем раскрытия гетероциклов. Примеры.
9. Реакции полимераналогичных превращений, примеры
10. Реакции деструкции полимеров.
11. Основные классы полимеров
12. Термопласты: характерные особенности, отдельные представители.
13. Термоэластопласты: характерные особенности, представители.
14. Каучуки и резины. Природные и синтетические продукты.
15. Примеры синтетических каучуков. Свойства. Вулканизация.
16. Термореактивные полимеры Фенолоформальдегидные смолы. Резолы и резиты.
17. Полиуретаны. Эпоксидные смолы.
18. Конструкционные полимеры и композиционные материалы
19. Сверхвысокомолекулярный полиэтилен.
20. Поликетоны. Полисульфоны.
21. Кевлар.
22. Пиролизированный полиакрилонитрил.
23. Полифениленоксид.
24. Термостойкие полимеры Полисульфид. Полисульфон. Полифенилсилоксан. Полиэфирсульфон.
25. Лаки, клеи Эпоксидные смолы. Полиэфирсы. Цианакрилаты.
26. Латексы.

27. Полимерные композиционные материалы, модифицированные наночастицами металлов.

28. Получение наночастиц металлов

29. Нанотрубки, свойства и применение нанокомпозитов.

Тесты для самоконтроля по дисциплине

а) Выбрать правильный ответ

№ вопроса	Формулировка вопроса	Варианты ответов
1	Основным типом химических связей в полимерах являются	а) ионные
		б) ковалентные
		в) донорно-акцепторные
2	Полимеры синтезируют из	а) природных макромолекул
		б) соответствующих мономеров, содержащих двойные связи или способные к конденсации группы
		в) нефти и природного газа
3	Реакции поликонденсации	а) приводят к раскрытию двойных связей
		б) сопровождаются выделением низкомолекулярных продуктов
		в) сопровождаются конденсацией газообразной фазы

№ вопроса	Формулировка вопроса	Варианты ответов
4	К искусственным полимерам относится	а) вискоза
		б) полиамид
		в) целлюлоза
5	Слоистый пластик на основе ткани, пропитанный термореактивной синтетической смолой, устойчивый к механическим нагрузкам.	а) поликарбонат
		б) полипропилен
		в) текстолит
6	Какие виды взаимодействий в структуре полимерного материала определяют его упорядоченность(кристалличность)?	а) ковалентные
		б) водородные
		в) никакие
7	Водородные связи может образовывать	а) поливиниловый спирт
		б) полиэтилен
		в) полипропилен
8	Для большинства полимеров характерно	а) термостабильность
		б) растворимость в воде
		в) способность окисляться
9	К термопластам относится	а) полиэтилен
		б) целлюлоза
		в) нативные белки
10	Сверхвысокомолекулярный полиэтилен обладает	а) растворимостью в воде
		б) высокой прочностью
		в) способностью быстро разлагаться в окружающей среде

№ вопроса	Формулировка вопроса	Варианты ответов
11	К какому классу относятся фенолоформальдегидные смолы?	а) искусственные полимеры
		б) термопластичные полимеры
		в) терморезистивные полимеры
12	Латекс это	а) водная дисперсия полимера
		б) непрозрачная белая краска
		в) резиноподобный твердый материал
13	Синтез поливинилового спирта из поливинилацетата относится к	а) реакциям поликонденсации
		б) реакциям полимеризации
		в) полимераналогичным превращениям
14	Вискозиметрический метод служит для	а) химического анализа раствора вискозы
		б) определения плотности полимерного материала
		в) определения вязкости раствора полимера, его текучести
15	Пероксид бензоила относится к	а) мономерам
		б) катализаторам

№ вопроса	Формулировка вопроса	Варианты ответов
		в) растворителям
16	Нанотрубки имеют	а) размер до 100 нм в одном из измерений
		б) размер до 10 нм в трех измерениях
		в) размер до 100 нм в трех измерениях
17	Полярность полимера характеризуется	а) значением рН водного раствора полимера
		б) поведением в электрическом поле
		в) дипольным моментом мономерного фрагмента молекулы
18	Растворимость полимера в данном растворителе можно охарактеризовать	а) максимальной концентрацией раствора в данных условиях
		б) вязкостью раствора полимера
		в) диэлектрической проницаемостью раствора
19	Полисульфид, полисульфон, полиэфирсульфон относятся к	а) термостойким полимерам
		б) термопластичным полимерам
		в) водорастворимым полимерам

№ вопроса	Формулировка вопроса	Варианты ответов
20	Эпоксидные смолы можно использовать для	а) пропитки древесины
		б) получения композиционных материалов
		в) получения лакокрасочных материалов

б) Задания на установление соответствия

№ вопроса	Формулировка вопроса	Варианты ответов	Правильный ответ
1	Укажите принадлежность полимера к группе	а) полиэтилен	Стойкий к кислотам, щелочам, растворителям
		б) поливинилхлорид	термореактивный
		в) поликарбонат	термопластичный
2	Соотнесите полимер со способом его получения	а) полиэфир	Полимеризация
		б) полипропилен	Поликонденсация
		в) поливиниловый спирт	Полимераналогичные превращения
3	Соотнесите полимер и область использования	а) полисульфид	Создание композита с тканью
		б) полиуретан	Создание деталей механизма
		в) эпоксидная смола	Создание термостойких материалов
4	Соотнесите прибор/метод исследования и	а) вискозиметр	плотность
		б) плотномер	Вязкость раствора/расплава

№ вопроса	Формулировка вопроса	Варианты ответов	Правильный ответ
	свойство полимера	в) разрывная машина	Механическая прочность
5	Предложите растворитель для полимера	а) поливинилхлорид	ацетон
		б) полипропилен	диметилформамид
		в) триацетатцеллюлоза	Бензол при высокой температуре
6	Соотнесите стадии нагревания полимера и происходящие изменения	а) окисление, деструкция	Первая
		б) расстекловывание, плавление	Вторая
		в) выделение низкомолекулярных газообразных продуктов разложения	Третья
7	Сопоставьте состав полимерного материала и его характеристику	а) вулканизированный каучук	электропроводящий
		б) поликарбонат	Прочный, эластичный
		в) наполненный углеродными нанотрубками полиэфир	Прочных, твердый
8	Соотнесите свойство материала и определение	а) состоит из двух или более компонентов с выраженной границей раздела между ними	сополимер
		б) состоит из полимерного и низкомолекулярного компонентов,	Композиционный материал

№ вопроса	Формулировка вопроса	Варианты ответов	Правильный ответ
		образующих ковалентные связи друг с другом	
		в) состоит из двух видов мономеров, связанных ковалентными связями в процессе полимеризации	Сшитый полимер
9	Выберите соответствие вещества и процесса	а) Инициаторы	Деструкция, гидролиз
		б) Стабилизаторы, пластификаторы, красители	Полимеризация
		в) Сильные кислоты, щелочи	Формование
10	Соотнесите материал и его способ получения	а) пластмассы	Формование через фильеру, охлаждение/осаждение
		б) волокна	Формование через щель/экструзия
		в) пленки	Расплавление, отлив в формах, охлаждение

Темы контрольных работ по дисциплине «Химия полимеров»

1. Термопласты: свойства, применение.
2. Термоэластопласты: характерные особенности, представители.
3. Каучуки и резины. Природные и синтетические представители. Свойства, пути их улучшения.
4. Терморезистивные полимеры, свойства, применение.

5. Полиуретаны. Эпоксидные смолы.
6. Сверхвысокомолекулярный полиэтилен.
- 7.Поликетоны. Полисульфоны.
8. Кевлар.
9. Углеродные волокна, нанотрубки.
10. Термостойкие полимеры, свойства. Представители, их применение.

Структура и содержание контрольной работы по дисциплине «Химия полимеров»

Контрольная работа выполняется в виде реферата.

Номер варианта соответствует последней цифре номера зачетной книжки студента.

Реферат должен быть напечатан шрифтом TimesNewRoman 12 кеглем на одной стороне листа белой бумаги формата А4 (210×297 мм). Текст следует писать, соблюдая следующие размеры полей: • левое – 30 мм; • правое – 15 мм; • верхнее – 15 мм; • нижнее – 20 мм; Абзац в тексте должен начинаться отступом 10-15 мм. Интервал между строками 10-15 мм (1,5 строки). Текст реферата разделяют на разделы и подразделы. Разделы, как и подразделы, могут состоять из одного или нескольких пунктов. Заголовки разделов пишут прописными буквами симметрично тексту, а заголовки подразделов – с абзаца строчными буквами (кроме первой прописной). Переносы слов в заголовках не допускаются. Если заголовок состоит из двух предложений, их разделяют точкой. Подчеркивать заголовки не допускается. Расстояние между заголовками и текстом сверху и снизу – 15-20 мм. Разделы должны иметь порядковый номер и обозначаться арабскими цифрами с точкой в конце. Введение, содержание и заключение не нумеруются. Подразделы нумеруют в пределах каждого раздела. Номер подраздела состоит из номера раздела и подраздела, разделенных точкой. В конце номера подраздела должна быть точка (например: 2.3). Пункты нумеруют арабскими цифрами в пределах каждого подраздела. Номер пункта состоит из номера раздела, подраздела и пункта, разделенных точками. В конце номера должна быть точка (например: 1.1.2). Если подразделов нет, то нумерация пунктов должна быть в пределах каждого раздела и номер пункта должен состоять из номеров раздела и пунктов, разделенных точкой. Страницы расчетно-пояснительной записки нумеруют арабскими цифрами внизу страницы по центру. Не допускается сокращение слов. Реферат должен содержать: титульный лист; содержание; введение; основную часть; список литературы; Титульный лист является

первым листом реферата и содержит название министерства, университета, сведения о руководителе и исполнителе, а также название реферата. Надписи на титульном листе выполняют строчными буквами (кроме названия реферата) и располагают на листе симметрично. Титульный лист включают в общую нумерацию страниц реферата, но номер страницы на нем не ставят. Пример оформления листа см. ниже. В содержании указывают номера страниц, на которых размещено начало материала разделов и подразделов. Содержание должно включать перечень всех разделов и подразделов реферата. Во введении приводят краткие сведения о теме реферата, его достоинствах и недостатках. Объем ведения – 0,5 – 1 с. Основная часть реферата должна быть составлена по результатам работы с литературой и основных понятий и методов математических и естественнонаучных дисциплин в объеме, необходимом для профессиональной деятельности.

При написании основной части рефераты следует учитывать: Формулы нумеруют арабскими цифрами в пределах раздела. Номер формулы должен состоять из номера раздела и порядкового номера формулы в разделе, разделенных точкой (например: 3.12). Номер формулы указывают с правой стороны листа в круглых скобках. Пояснение значений символов и числовых коэффициентов приводят непосредственно под формулой в той же последовательности, в какой они даны в формуле. Первую строку пояснения начинают со слова «где» без двоеточия. После наименования приводят единицы измерения. Если величина взята из справочника, то после единицы измерения указывают ссылку на литературу в квадратных скобках. Пояснения не приводят для величин, которые использовали или рассчитывали в предыдущих пунктах. При вторичном использовании формулу не приводят и делают ссылку на номер соответствующей формулы. Иллюстрации, блок-схемы, рисунки располагают после первой ссылки на них симметрично в тексте. Их обозначают словом «рис.» и нумеруют арабскими цифрами в пределах раздела. Номер помещают под иллюстрацией, который должен состоять из номера раздела и порядкового номера иллюстрации (допускается сквозная нумерация). Подпись к иллюстрации должна иметь наименование и все расшифровки. Цифровой материал оформляют в виде таблиц. Таблица размещается после первого упоминания о ней. Таблицы нумеруют арабскими цифрами в пределах раздела. В правой части листа над таблицей помещают надпись «Таблица» с указанием номера, который состоит из номера раздела и порядкового номера таблицы. При составлении списка литературы необходимо указать фамилию и инициалы автора, полное название, место издания, название издательства, год и номер страницы. Пример: 1. Вилков, Л. В. Физические методы исследования в химии. Структурные методы и оптическая спектроскопия: учебник для хим. спец. вузов / Л. В. Вилков, Ю. А. Пентин. – М.: Высш. шк., 1987. – 367 с.

ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ

Ход и результаты каждой проделанной работы студенты должны записывать в лабораторный журнал, отвечать на поставленные вопросы, делать краткие выводы, вклеить образцы и расчетно-графические материалы.

Выполнив все лабораторные и контрольные работы, студенты сдают зачет.

Прежде чем студент допускается к выполнению лабораторных работ, он должен освоить правила техники безопасности при работе в химической лаборатории. Студенты обязаны выполнять следующие основные требования:

- не приступать к выполнению работы, не усвоив ее содержания по описанию или из объяснений преподавателя;
- взяв для опыта реактив из стеклянного сосуда, закрыть его пробкой и поставить на место в вытяжном шкафу. Сосуды с реактивами не уносить на рабочее место;
- бумагу, химические материалы, остатки реактивов выбрасывать в специальные контейнеры;
- по окончании занятий привести в порядок рабочее место;
- бережно относиться к химической посуде, приборам, реактивам;
- аккуратно обращаться с ртутными термометрами, капиллярными вискозиметрами и ареометрами;
- остатки концентрированных растворов кислот, щелочей и органических растворителей сливать в соответствующие емкости.

Лабораторное занятие: Общие свойства полимеров.

Отношение полимеров к растворителям

Опыт 1. Небольшое количество капролактама и поликапроамида поместить в отдельные пробирки, залить 5 мл дистиллированной воды.

Опыт 2. Небольшое количество адипиновокислого гексаметилендиамина (соль АГ) и анида поместить в пробирки, залить 5 мл дистиллированной воды.

Сделать вывод о растворимости в воде взятых мономеров и полученных из них полимеров. Написать уравнения реакций полимеризации.

Опыт 3. Небольшое количество поливинилового спирта залить 5 мл воды, нагревать пробирку (при перемешивании содержимого) на водяной бане.

Сделать вывод о влиянии температуры на растворимость поливинилового спирта в воде.

Опыт 4. Небольшое количество ацетилцеллюлозы растворить в ацетоне (нагревая пробирку на водяной бане), при перемешивании. После полного растворения вылить содержимое пробирки в стакан с водой.

Сделать вывод о растворимости ацетилцеллюлозы в ацетоне и воде.

Опыт 5. Пять образцов целлюлозы после взвешивания погрузить в пять пробирок с 17,5%-м водным раствором едкого натра. Вынимать образцы через 1, 2, 3, 4, 5 минут, соответственно, и удаляя избыток щелочи фильтровальной бумагой). Взвесить набухшие образцы.

Сделать вывод о набухании целлюлозы. Определить степень набухания (отношение массы целлюлозы после набухания к массе сухой целлюлозы). Построить график зависимости степени набухания от времени.

Отношение полимеров к нагреванию

Кусочки полиэтилена поместить в фарфоровую чашечку и осторожно нагревать на пламени горелки до размягчения. Наблюдать вытягивание полимера в виде нити за стеклянной палочкой.

Тоже самое проделать с фенолоформальдегидной смолой.

Сделать вывод об отношении полимеров к нагреванию.

Определение вязкости растворов полимеров

Опыт 1. Приготовить при нагревании 1, 2, 5, 10, 12, 15, 20 %-е растворы поливинилового спирта в воде (по 200 мл). Полученные растворы охладить и залить в стеклянную трубку диаметром 20 мм, заполнив до высоты 20 см. Поочередно помешать в каждую трубку с растворами разной концентрации шарик и отмечать время падения (с).

Построить график зависимости вязкости от концентрации раствора.

Опыт 2. Ранее приготовленные растворы концентрации 1 – 5 % поочередно заливать в вискозиметр Оствальда (или Уббеллоде). При помощи секундомера отмечать время истекания раствора между метками вискозиметра.

Опыт 3. Ранее приготовленные растворы концентрацией 10 – 20 % поместить в цилиндр ротационного вискозиметра. Снять зависимости вязкости от напряжения сдвига.

Построить зависимость вязкости от концентрации раствора.

Сделать вывод о применимости разных методов определения вязкости растворов полимеров.

Лабораторное занятие: Исследование процесса радикальной полимеризации.

Опыт 1. Радикальная полимеризация стирола

10,0 г свежеперегнанного стирола помещают в колбу, добавляют 0,2 г пероксида бензоила и 10 г растворителя (бензола или четыреххлористого углерода). Колбу нагревают с обратным холодильником на водяной бане или колбонагревателе при 90-95°C в течение 4 часов. По завершении реакции колбу охлаждают. Добавляют петролейный эфир или этанол, выпавший осадок полимера промывают осадителем, переносят в чашку Петри и высушивают на воздухе. После взвешивания рассчитывают практический и теоретический выход полимера.

Опыт 2. Блочная полимеризация метилметакрилата.

В пробирку наливают 2-3 мл метилового эфира метакриловой кислоты, добавляют 0,01-0,03 г перекиси бензоила и нагревают на водяной бане с воздушным холодильником при 90-95°C в течение 15-25 мин. Образовавшийся твердый полимер извлекают из пробирки. После взвешивания рассчитывают практический и теоретический выход полимера.

Опыт 3. Эмульсионная полимеризация метилметакрилата

В цилиндрической пробирке растворяют 0,5 г. персульфата аммония в 6-7 мл воды и приливают 0,5 мл метилметакрилата. Смесь встряхивают и помещают в водяную баню. Нагревание ведут при температуре 80 оС и периодическом перемешивании смеси. Через 15 минут пробирку с образовавшейся эмульсией вынимают из бани, ставят в штатив для охлаждения. Проводят коагуляцию полимера добавлением к реакционной смеси 6 мл воды и нескольких капель концентрированной соляной кислоты. При встряхивании образуются белые хлопья или тяжелые капли полимера. Нагревание ускоряет процесс разрушения эмульсии. Полимер отфильтровывают и промывают водой. После высушивания взвешивают и рассчитывают выход.

Опыт 4. Сополимеризация стирола с малеиновым ангидридом

В трехгорлую колбу загружают 30 мл перегнанного бензола (или толуола), 1,04 г (0,01 моль) перегнанного стирола и 0,99 г (0,01 моль) перекристаллизованного малеинового ангидрида, добавляют 0,01 г (0,04 моль) пероксида бензоила. Смесь перемешивают до получения прозрачного

раствора. Содержимое колбы при перемешивании нагревают с обратным холодильником на кипящей водяной бане. Через 1 час смесь охлаждают, отделяют полимер и сушат в сушильном шкафу при 60 оС. Рассчитывают выход.

Лабораторное занятие: Исследование процесса поликонденсации.

Опыт 1. Получение полиэфируретанового пенопласта

Синтез проводится в две стадии: сначала получают полиглицеринадипинат (или полиглицеринсебацинат) с концевыми карбоксильными группами, затем вводят его в реакцию диизоцианатом с одновременным выделением углекислого газа, вспенивающего массу.

В трёхгорлую колбу с насадкой Дина-Старка и обратным холодильником загружают 23,4 г глицерина и 45,7 г адипиновой кислоты (мольное соотношение 1:1,3 соблюдается также в случае использования себациновой кислоты). Реакцию ведут на бане силиконовым маслом при температуре 160-170 оС. Выделяющаяся в ходе реакции вода скапливается в насадке Дина-Старка. Реакцию ведут не менее 2 часов, по окончании реакции горячую массу выливают в фарфоровую чашку и охлаждают. Полученный полиглицеринадипинат имеет вид густой вязкой массы жёлтого цвета.

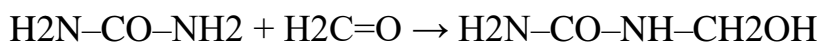
Для получения жёсткого пенопласта в стаканчике сначала смешивают полиглицеринадипината с расчетным количеством (мольное соотношение 1:1) толуилендиизоцианата с помощью стеклянной палочки до образования белой массы, содержащей пузырьки углекислого газа. Полученную массу помещают в формочку и оставляют на несколько часов до затвердения..

Для получения мягкого пенопласта в стаканчик с полиглицеринадипинатом добавляют 10 % масс. дистиллированной воды и перемешивают. Затем добавляют рассчитанное количество гексаметилендиизоцианата и снова перемешивают до заметного выделения пузырьков газа. Массу помещают в форму и оставляют на несколько часов до полного вспенивания и затвердевания.

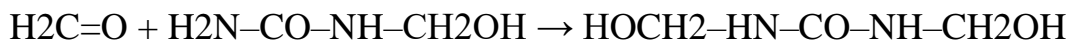
Опыт 2. Поликонденсация карбамида с формальдегидом

При взаимодействии карбамида с формальдегидом в водном растворе в зависимости от рН среды, температуры и соотношения исходных компонентов получают различные кристаллические водорастворимые аморфные вещества или смолообразные растворимые продукты, при дальнейшем нагревании переходящие в неплавкое и нерастворимое состояние. В нейтральной или

слабощелочной среде при температуре не выше 40 оС получают монометилолкарбамид:



и диметилолкарбамид:



При нагревании до 100 оС происходит поликонденсация моно- и диметилолкарбамида с образованием бесцветных прозрачных полимеров, имеющих линейное строение:



Такие полимеры называют полиметиленкарбамидами.

13 г формалина (40 %-ный раствор формальдегида) загружают в трехгорлую колбу и нагревают до 30-35 оС при перемешивании, добавляют 0,3-0,4 г уротропина в виде 20-30%-ого водного раствора и через 5 мин определяют рН раствора. При достижении рН 7,4-8,2 постепенно добавляют 6 г карбамида, поддерживая температуру реакционной смеси в пределах 30-35 оС. После растворения карбамида добавляют 0,3 г щавелевой кислоты в виде 20%-ого водного раствора (рН 7,4-8,0) и продолжают реакцию до содержания в полученном растворе 10- 12% свободного формальдегида и рН 5,5-6,0 при температуре 30-35 оС.

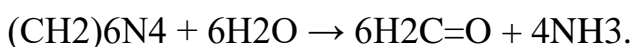
Внимание! Повышение температуры реакции выше 35 оС может вызвать экзотермическую реакцию Канниццаро с образованием твердых нерастворимых продуктов.

Опыт 3. Получение фенолоформальдегидной смолы

Помещают в пробирку 2,5 г фенола, 5 мл формальдегида, кипелку, нагревают смесь до образования однородной жидкости и осторожно кипятят ее 1-2 мин. Затем прикапывают из пипетки 0,2-0,3 мл концентрированной соляной кислоты. При встряхивании горячая смесь начинает кипеть без подогревания, через 1-2 мин. жидкость мутнеет и отслаивается тяжелое, прозрачное масло, постепенно густеющее. Если кипение прекратилось, снова подогревают смесь на пламени горелки 1-2 мин. Сливают верхний мутный водный слой и добавляют в пробирку примерно такой же объем воды. Снова кипятят 1-2 мин. Сливают воду. Смолу с остатками воды выливают на стекло. Часть полученной смолы осторожно нагревают в сухой пробирке, держа пробирку горизонтально. При этом удаляется избыток воды, а смола плавится. При прекращении нагревания расплавленная смола затвердевает в виде прозрачной плотной массы. При последующем нагревании образующийся продукт не расплавляется, а обугливается.

Опыт 4. Получение фенолоуротропиновой смолы

Фенолоформальдегидную смолу можно получить, используя в качестве исходных реагентов фенол и уротропин. Использование уротропина основано на том, что при нагревании он разлагается на формальдегид и на аммиак:



В пробирку помещают 1 г фенола и 0,25 г уротропина и нагревают в пламени горелки в течение 2-3 мин. Нагревание способствует плавлению кристаллических фенола и уротропина. Затем в расплаве начинается реакция поликонденсации, сопровождающаяся выделением тепла, низкомолекулярных веществ и активным кипением жидкости в пробирке. С момента кипения расплава спиртовку необходимо убрать.

В процессе поликонденсации образуется густая жидкость желтого цвета, быстро затвердевающая в виде прозрачной хрупкой смолы желтого цвета.

Опыт 5. Поликонденсация соли АГ (получение полиамида)

Соль АГ (продукт взаимодействия адипиновой кислоты и гексаметилендиамина) – бесцветные кристаллы с температурой плавления 183 оС. Для получения соли АГ готовят два раствора: раствор 0,1 моля адипиновой кислоты в 150 мл 96 % этилового спирта и раствор 0,1 моля гексаметилендиамина в 100 мл 70 % этилового спирта. Постепенно при перемешивании прибавляют второй раствор к первому, при этом идет разогрев реакционной смеси. Полученную смесь охлаждают, выделившиеся кристаллы соли АГ отфильтровывают на воронке Бюхнера, промывают спиртом и сушат в термостате при температуре 60-70 оС до постоянной массы.

1,5-2 г соли АГ помещают в сухую пробирку и нагревают на слабом огне до прекращения выделения паров воды и образования расплава полиамида. Полученный расплав полимера охлаждают, полимер извлекают. После взвешивания и рассчитывают практический и теоретический выход.

Лабораторное занятие: Исследование полимераналогичных превращений.

Опыт 1. Этерификация поливинилового спирта малеиновым ангидридом.

В круглодонную колбу наливают малеиновый ангидрид и помещают туда же 8 – 10 г термообработанного ПВС-волокна. Этерификацию проводят при температуре 120 оС в течение 40 мин, после чего волокно извлекают, промывают горячей водой и очищают экстракцией ацетоном в аппарате

Сокслета в течение 24 ч. После этого волокно высушивают, взвешивают и рассчитывают прирост массы.

Опыт 2. Реакция отверждения эпоксидных смол

Благодаря высокой реакционной способности эпоксидные группы смол (этиленоксидная, глицидиловая) взаимодействуют со многими полифункциональными соединениями с образованием полимеров пространственного строения. Для отверждения эпоксидных смол применяют линейные алифатические ди- и полиамины, циклические амины.

Опыт 3. Реакция дегидрохлорирования поливинилхлорида

При температурах выше 100 оС происходит дегидрохлорирование, сопровождающееся изменением окраски (бесцветный вначале материал может окрашиваться от желтого до темно-коричневого цвета). Наибольшей степени достигает этот процесс при 160–190 оС и сопровождается сшиванием полимера.

Введение стабилизаторов задерживает начало дегидрохлорирования ПВХ (диоктилфталат, диоктилсебацинат, полиэфирные пластификаторы).

Лабораторное занятие: Каучуки и резины.

Опыт 1. Определение содержания свободной и связанной серы

Из образца резины готовят 1-2 г мелконарезанной крошки. В колбу на 250 мл наливают 5%-й раствор сульфита натрия объемом 100 мл, помещают туда же точную навеску резиновой крошки. Нагревают до кипения и кипятят в течение 2 часов для экстракции свободной серы. При этом свободная сера реагирует с сульфитом натрия, образуя гипосульфит натрия. Затем колбу охлаждают, прибавляют 10 мл формалина для связывания избытка сульфита натрия, 20 мл 20% уксусной кислоты, небольшое количество раствора крахмала и титруют по каплям 0,1 N раствором иода. Процентное содержание свободной серы рассчитывают по формуле:

$$S_{\text{св}} = \frac{0,032 A \cdot B}{m} 100 \%,$$

где А - объем (мл) раствора иода, пошедший на титрование;

В - поправка на титр иода (1.02);

m – масса навески резины (г).

Опыт 2. Физико-механические испытания резин

Физико-механические характеристики иглопробивного нетканого материала испытывают в соответствии со стандартом ГОСТ Р 53226-2008 «Полотна нетканые. Методы определения прочности». Испытания проводят на разрывной машине INSTRON 1122 при режиме: скорость растяжения – 100 мм/мин, базовая длина образца – 100 мм. Условия испытаний: влажность – 25%, температура – 19%, давление – 772 мм рт.ст. Самописец прибора регистрирует диаграмму растяжения как зависимость $P(\Delta l)$ (где P – нагрузка, Δl – абсолютное удлинение образца). Для получения диаграмм растяжения, первичные данные перестраивают в виде зависимостей $\sigma(\varepsilon)$ (где σ – напряжение, МПа, а ε – относительное удлинение, %) по формуле:

$$\sigma = \frac{P}{S},$$

где S – площадь поперечного сечения образца.

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0},$$

где Δl – абсолютное удлинение, мм; l_0 – базовая длина образца – 100 мм

Значения начального модуля жесткости E_0 , МПа (модуль Юнга) определяют дифференцированием начального участка диаграмм растяжения образцов как тангенс угла касательной к диаграмме:

$$E_0 = \frac{\Delta \sigma}{\Delta \varepsilon}$$

Записывают полученные результаты.

Лабораторное занятие. Термореактивные полимеры.

Опыт 1. Получение композиционных материалов на основе термореактивных полимеров с порошковыми наполнителями.

В качестве основы взять смесь эпоксидной смолы и дибутилфталата (100 частей : 20 частей). Смолы для эксперимента можно брать другие: полиэфирная, фенолоформальдегидная (в том числе синтезированная согласно работе Поликонденсация; отвердители – полиэтиленполиамин (ПЭПА), триэтаноламинотитанат (ТЭАТ), малеиновый ангидрид (МА), гидроперекись изопропилбензола (гипериз); ускоритель нафтенат кобальта (НК).

Выбор порошкового наполнителя в первую очередь определяется размерами его частиц и их распределением по размерам (полидисперсностью). Гранулометрический состав порошковых материалов позволяет судить о количественном соотношении в порошке частиц различных размеров и характеризуется размером частиц и соотношением между содержанием частиц различных размеров. Поэтому, прежде чем приступить к изготовлению композита, необходимо оценить фракционный состав порошкового наполнителя.

Для определения размеров частиц и фракционного состава материалов используется ситовый метод, который заключается в разделении пробы материала по фракциям путем просева через набор стандартных сит с различными ячейками и определения остатка на каждом сите.

На сито с самым большим размером ячейки насыпать взвешенный на технических весах исследуемый материал (не менее 100 г) и закрыть крышку. Путем встряхивания, вибрации или другими способами материал разделить на фракции, взвесить фракции. Прошедшую через сито с большими ячейками фракцию просеивать последовательно через сита с меньшими ячейками. Массу частиц материала выразить в процентах к исходному количеству порошка. Построить зависимость распределения частиц по размерам (относительного содержания фракций от размера частиц).

В приготовленную эпоксидную массу внести наполнитель, тщательно перемешать, оставить до затвердевания.

Опыт 2. Получение композиционных материалов на основе терморезистивных полимеров с волокнистыми наполнителями

В качестве наполнителей используются элементарные волокна, нити или жгуты (ровинги). Одной из основных характеристик наполнителей являются линейная плотность. Единицей измерения является текс, который характеризует массу в граммах мотка нити или ровинга длиной 1000 м.

Для определения линейной плотности наполнителя взять отрезки нитей, ровингов, длиной не менее 0,1 м и взвешивают их на электронных весах с точностью не менее 0,01 г. Линейную плотность T , текс, определить из соотношения:

$$T = \frac{m}{l},$$

где m – масса наполнителя определенной длины, г;

l – длина исследуемого наполнителя, км.

Опыт 3. Получение композиционных материалов на основе терморезистивных полимеров со слоистыми наполнителями

В качестве наполнителя используются ткани различной текстуры на основе волокон различной природы. Основными параметрами тканого наполнителя, наряду с типом переплетения, является ее плотность в г/м² и толщина.

Отрезки ткани складывают в несколько раз и микрометром измеряют толщину в нескольких местах. Определяют среднее значение толщины ткани. По результатам взвешивания и измерения площади рассчитывают плотность.

Опыт 4. Изучение композиционных материалов на основе терморезистивных полимеров с газовыми наполнителями.

Определение кажущейся плотности пенозаполнителя проводят следующим образом. Из плиты пенопласта вырезать образцы размером 20 x 20 x 20 мм. Определить размеры плит пенопласта с точностью до 0,1 мм в трех измерениях. Взвесить образцы материала на весах с точностью до 0,001 г и рассчитать плотность как отношение массы к объему.

Определение степени однородности пенопласта проводят, анализируя срез под микроскопом (затушевать срез карандашом). Определить диапазон диаметров ячеек.

Основная учебная литература

Беилин, И. Л., Хоменко, В. В. Инновационное развитие полимерной промышленности Казань: Казанский национальный исследовательский технологический университет 2015
<http://www.iprbookshop.ru/61849.html>

Бруяко, М. Г., Григорьева, Л. С., Орлова, А. М. Химия и технология полимеров Москва: Московский государственный строительный университет, Ай Пи Эр Медиа, ЭБС АСВ 2016 <http://www.iprbookshop.ru/40956.html>

Като, М., Усуки, А., Беккер, О., Саймон, Д. П. Полимерные нанокompозиты Москва: Техносфера 2011 <http://www.iprbookshop.ru/12733.html>

Дополнительная учебная литература

Александров, В. Н., Гибадуллин, М. Р., Сафронов, П. О., Косточко, А. В.
Механические свойства полимерных материалов Казань: Казанский
национальный исследовательский технологический университет 2011
<http://www.iprbookshop.ru/62494.html>

Черезова, Е. Н., Рахматуллина, А. П., Сайгитбатовалова, С. Ш., Ямалеева,
Е. С., Шевчук, Л. Г. Химия и технология производства добавок и
вспомогательных веществ для полимеров Казань: Казанский
национальный исследовательский технологический университет 2015
<http://www.iprbookshop.ru/63549.html>

Готлиб, Е. М., Черезова, Е. Н., Ильичева, Е. С., Медведева, К. А.
Эпоксидные сополимеры. Отверждение, модификация, применение в
качестве клеев Казань: Казанский национальный исследовательский
технологический университет 2014 <http://www.iprbookshop.ru/62355.html>

Козлов, Г. В., Заиков, Г. Е., Стоянов, О. В., Кочнев, А. М. Дисперсно-
наполненные полимерные нанокомпозиты Казань: Казанский
национальный исследовательский технологический университет 2012
<http://www.iprbookshop.ru/60380.html>

Васильев М. П., Свердловва Н. И., Хохлова В. А., Ширшова Е. П.
Физика и химия полимеров. Синтез, структура и свойства
высокомолекулярных соединений СПб.: СПбГУПТД 2015
http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=2602

Шишенок, М. В. Высокомолекулярные соединения Минск: Вышэйшая
школа 2012 <http://www.iprbookshop.ru/20205.html>

Свердлова Н. И., Хохлова В. А. Химия и физика
высокомолекулярных соединений и полимеров СПб.: СПбГУПТД
2013 http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=1317