


Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Сыров Игорь Анатольевич
Должность: Директор
Дата подписания: 15.12.2021 13:42:02
Уникальный программный ключ:
b683afe664d7e9f64175886cf9626af98149ad36

СТЕРЛИТАМАКСКИЙ ФИЛИАЛ
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО
УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Факультет Естественнонаучный
Кафедра Химии и химической технологии

Утверждено
на заседании кафедры
протокол № 1 28.08.2018г.
Зав. кафедрой

 Абдрашитов Я.М.

Рабочая программа дисциплины (модуля)

дисциплина Макрокинетика химико-технологических процессов

Блок Б1, вариативная часть, Б1.В.ДВ.09.01

цикл дисциплины и его часть (базовая, вариативная, дисциплина по выбору)

Направление

18.03.01

Химическая технология

код

наименование направления или специальности

Программа

Технология и переработка полимеров

Разработчик (составитель)

старший преподаватель

Е.В. Казакова

ученая степень, ученое звание, ФИО


подпись

28.08.2018г.

дата

Оглавление

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю).....	3
1.1. Перечень планируемых результатов освоения образовательной программы.....	3
1.2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.....	3
2. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы.....	3
3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества академических или астрономических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся.....	4
4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий.....	4
4.1. Разделы дисциплины и трудоемкость по видам учебных занятий (в академических часах) ...	4
4.2. Содержание дисциплины, структурированное по разделам (темам).....	5
5. Учебно-методическое обеспечение для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю).....	7
6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю).....	8
6.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования и описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания.....	8
6.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы.....	11
6.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.....	17
7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля).....	18
7.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля).....	18
7.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» (далее - сеть «Интернет»), необходимых для освоения дисциплины (модуля).....	18
7.3. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости).....	19
8. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля).....	19
9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю).....	20

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

1.1. Перечень планируемых результатов освоения образовательной программы

Выпускник, освоивший программу высшего образования, в рамках изучаемой дисциплины, должен обладать компетенциями, соответствующими виду (видам) профессиональной деятельности, на который (которые) ориентирована программа:

1. способностью к самоорганизации и самообразованию (ОК-7);
2. способностью принимать конкретные технические решения при разработке технологических процессов, выбирать технические средства и технологии с учетом экологических последствий их применения (ПК-4).

1.2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Планируемые результаты освоения образовательной программы (компетенции)	Этапы формирования компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю)
Способностью к самоорганизации и самообразованию (ОК-7)	1 этап: Знания	Обучающийся должен знать: • основные задачи макрокинетики химико-технологических процессов.
	2 этап: Умения	Обучающийся должен уметь: • пользоваться современной технической литературой и информацией.
	3 этап: Владения (навыки / опыт деятельности)	Обучающийся должен владеть: • навыками самостоятельного совершенствования знаний химической технологии и кинетики.
Способностью принимать конкретные технические решения при разработке технологических процессов, выбирать технические средства и технологии с учетом экологических последствий их применения (ПК-4)	1 этап: Знания	Обучающийся должен знать: • основные процессы технологии получения и переработки полимеров, основные законы химической кинетики.
	2 этап: Умения	Обучающийся должен уметь: • определять тип полимеризации (радикальный, анионный, катионный, ионно-координационный); • определять кинетические параметры полимеризации, поликонденсации; • устанавливать взаимосвязь кинетических параметров с молекулярной массой полимеров, степенью полимеризации; • оценивать влияние температуры, давления, макроскопических факторов (реологии, массо- и теплопередачи, смешения) на эффективность процессов синтеза полимеров.
	3 этап: Владения (навыки / опыт деятельности)	Обучающийся должен владеть: • конкретными техническими решениями при разработке технологических процессов, выбирать технические средства и технологии с учетом экологических последствий их применения.

2. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина реализуется в рамках *вариативной* части.

Для освоения дисциплины необходимы компетенции, сформированные в рамках изучения следующих дисциплин: «Математика», «Физика», «Общая и неорганическая химия», «Органическая химия», «Аналитическая химия и физико-химические методы анализа», «Информатика», «Высокомолекулярные соединения», «Полимеры в медико-биологических системах», «Общая химическая технология», «Общая химическая технология полимеров», «Химия и технология мономеров», «Технология

конструкционных материалов», «Математическое моделирование технологических процессов».

Дисциплины, для которых освоение данной дисциплины необходимо как предшествующее: «Защита выпускной квалификационной работы, включая подготовку к процедуре защиты и процедуру защиты».

Дисциплина изучается по заочной форме обучения 5 л на 5 курсе в 10 семестре.

3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества академических или астрономических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся

Общая трудоемкость (объем) дисциплины составляет 2 зачетные единицы (з.е.), 72 академических часов.

Объем дисциплины	Всего часов	
	Очная форма обучения	Заочная форма обучения (5 л)
Общая трудоемкость дисциплины		72
Учебных часов на контактную работу с преподавателем:		18,2
лекций		6
практических		12
лабораторных		
контроль самостоятельной работы		
формы контактной работы (консультации перед экзаменом, прием экзаменов и зачетов, выполнение курсовых, контрольных работ)		0,2
Учебных часов на самостоятельную работу обучающихся (СРС)		50
Учебных часов на контроль:		
зачет		3,8

4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

4.1. Разделы дисциплины и трудоемкость по видам учебных занятий (в академических часах)

Заочная форма

№ п/п	Наименование раздела /темы дисциплины	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу обучающихся и трудоемкость (в часах)			
		Контактная работа с преподавателем			СРС
		Лек	Сем/ Пр	Лаб	

1	Название раздела 1. Основы количественного описания процессов синтеза полимеров.	2			12
1.1.	Тема: Введение. Понятие макрокинетика.	1			6
1.2.	Тема: Основы количественного описания процессов синтеза полимеров.	1			6
2	Название раздела 2. Кинетика цепной полимеризации.	2	6		15
2.1.	Тема: Радикальная полимеризация.	2			5
2.2.	Тема: Ионная полимеризация.		2		5
2.3.	Тема: Ионно-координационная полимеризация.		4		5
3	Название раздела 3. Кинетика поликонденсации.	2	2		5
3.1.	Тема: Ступенчатые процессы образования макромолекул.	2	2		5
4	Название раздела 4. Макрокинетика процессов синтеза полимеров.		4		18
4.1.	Тема: Химические реакторы.		2		6
4.2.	Тема: Роль реологии в синтезе полимеров.				6
4.3.	Тема: Тепловые особенности синтеза полимеров.		2		6
	ИТОГО	6	12		50

4.2. Содержание дисциплины, структурированное по разделам (темам)

Лекционный курс

№	Наименование раздела /темы дисциплины	Содержание
1	Название раздела 1. Основы количественного описания процессов синтеза полимеров .	
1.1.	Тема: Введение. Понятие макрокинетика.	Иерархические уровни описания процессов синтеза полимеров. Макрокинетика, определение.
1.2.	Тема: Основы количественного описания процессов синтеза полимеров.	Мольные количества вещества, молярная концентрация. Степень превращения. Закон стехиометрических соотношений. Скорость химической реакции, константа скорости. Порядок реакции. Уравнение Аррениуса. Молекулярно-массовое распределение (ММР) полимеров, среднечисловая степень полимеризации. Степень разветвления полимеризации. Степень разветвления. Степень превращения. Термодинамика процессов полимеризации. Тепловой эффект, изменение энтропии. Энергия Гиббса, константа равновесия, предельная температура процесса.
2	Название раздела 2. Кинетика цепной полимеризации.	
2.1.	Тема: Радикальная полимеризация.	Общая схема цепной полимеризации, основные стадии (зарождение цепи, роста цепи, обрыва цепи). Количественные соотношения в цепной полимеризации. Стехиометрическое уравнение. Доля обрыва цепи. Мольный материальный баланс по мономеру и инициатору. Среднечисловая степень полимеризации, выраженная через скорости роста, обрыва и передачи цепи, степени превращения мономера и инициатора. Основные постулаты – упрощения кинетического описания процессов полимеризации. Способность к цепной полимеризации ненасыщенных полимеров. Иницирование радикальной полимеризации. Кинетика стадии зарождения цепи, лимитирующая стадия. Фактор

		эффективности инициатора. Рост активной макромолекулы, скорость. Обрыв цепи (диспропорционирование, рекомбинация, передача цепи), кинетическое уравнение расходования мономера. Влияние типа реакций обрыва цепи на параметры ММР. Влияние температуры и давления на скорость и степень полимеризации. Диффузионная модель обрыва цепи. Гель-эффект. Регулирование и ингибирование радикальной полимеризации. Замедлители. Радикальная полимеризация в массе и растворе. Радикальная гетерофазная полимеризация.
3	Название раздела 3. Кинетика поликонденсации.	
3.1.	Тема: Ступенчатые процессы образования макромолекул.	Особенности роста макромолекул, основные реакции роста цепей. Поликонденсация. Примеры функциональных групп в мономерах и типы образующихся полимеров. Функциональность полимеров. Термодинамика полиприсоединения и поликонденсации. Равновесия в поликонденсационных процессах. Константа равновесия, обратимые и необратимые процессы. Степень полимеризации, связь с константой равновесия. Управление величиной выхода полимера, основные приемы. Стадии поликонденсационных процессов. Образование реакционных центров. Образование макромолекул. Прекращение роста цепи. Классификация поликонденсационных процессов по механизму образования активных центров. Стадия образования цепных молекул при поликонденсации. Кинетика процессов ступенчатой необратимой полимеризации. Зависимость средней степени поликонденсации от времени.

Курс практических (семинарских) занятий

№	Наименование раздела /темы дисциплины	Содержание
2	Название раздела 2. Кинетика цепной полимеризации.	
2.2.	Тема: Ионная полимеризация.	Механизм и кинетика катионной полимеризации на примере процессов полимеризации: виниловых эфиров, изобутилена, карбонильных соединений.
2.3	Тема: Ионно-координационная полимеризация.	Механизм и кинетика ионно-координационной полимеризации на примере полимеризации: диенов, пропилена.
3	Название раздела 3. Кинетика поликонденсации.	
3.1	Тема: Ступенчатые процессы образования макромолекул.	Механизм и кинетика ступенчатой полимеризации на примере реакций: полиэтерификации, поликонденсации фенолов с альдегидами.
4	Название раздела 4. Макрокинетика процессов синтеза полимеров.	
4.1.	Тема: Химические реакторы.	Расчет скорости подачи мономера.
4.3.	Тема: Тепловые особенности синтеза полимеров.	Расчеты теплового баланса реактора.

Курс лабораторных работ не предусмотрен.

5. Учебно-методическое обеспечение для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

Перечень тем, рекомендуемым для самостоятельного изучения

Раздел 2. Кинетика цепной полимеризации

1. Ионная полимеризация.
2. Ионно-координационная полимеризация.

Раздел 4. Макрокинетика процессов синтеза полимеров

3. Химические реакторы.
4. Роль реологии в синтезе полимеров.
5. Тепловые особенности синтеза полимеров.

Список учебно-методических материалов

1. Примеры решения задач по химической кинетике и катализу: учеб. пособие студ. хим. спец. / Т.П. Мудрик [и др.]. – Стерлитамак: Изд-во СФ БашГУ, 2013. – 91с.
2. Киреев В.В. Высокомолекулярные соединения: учеб. для бакалавров высш. проф. образования по направлению подготовки "Химическая технология" / В.В. Киреев. – М.: Юрайт, 2013. – 602с.
3. Семчиков Ю.Д. Введение в химию полимеров: учеб. пособие для студ. вузов хим. спец. / Ю.Д. Семчиков, С.Ф. Жильцов, С.Д. Зайцев. – 2-е изд., стер. – СПб.: Лань, 2014. – 222с.
4. Кленин В.И. Высокомолекулярные соединения: учебник / В.И. Кленин, И.В. Федусенко. – 2-е изд., испр. – СПб.: Лань, 2013. – 508с.
5. Практическая химическая кинетика. Химическая кинетика в задачах с решениями: учеб. пособие для студ. спец. 020101.65-Химия / А. Х. Воробьев [и др.]; под общ. ред. М.Я. Мельникова. – М.: Изд-во МГУ; СПб: Изд-во СПбГУ, 2006. – 590с.

6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)

6.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования и описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания.

Планируемые результаты освоения образовательной программы	Этап	Показатели и критерии оценивания результатов обучения				Вид оценочного средства
		неуд.	удовл.	хорошо	отлично	
		3.				4.
<i>Способностью к самоорганизации и самообразованию (ОК-7)</i>	1 этап: Знания	Не знает основные задачи макрокинетики химико-технологических процессов.	Имеет общие представления о основных задачах макрокинетики химико-технологических процессов.	Не уверенно демонстрирует знания основных задач макрокинетики химико-технологических процессов.	Знает основные задачи макрокинетики химико-технологических процессов.	Устный опрос
	2 этап: Умения	Не умеет пользоваться современной технической литературой и информацией.	Испытывает трудности в использовании современной технической литературой и информацией.	Не уверенно пользуется современной технической литературой и информацией.	Умеет пользоваться современной технической литературой и информацией.	Реферат
	3 этап: Владения (навыки / опыт деятельности)	Не совершенствует знания химической технологии и кинетики.	Затрудняется самостоятельно совершенствовать знания химической технологии и кинетики.	Не уверенно владеет навыками самостоятельного совершенствования знаний химической технологии и кинетики.	Владеет навыками самостоятельного совершенствования знаний химической технологии и кинетики.	Тестирование
<i>Способностью принимать конкретные технические решения при разработке технологических</i>	1 этап: Знания	Не знает основные процессы технологии получения и переработки полимеров, основные	Знает в общих чертах основные процессы технологии получения и переработки полимеров, основные	Не уверенно демонстрирует знания основных процессов технологии	Знает основные процессы технологии получения и переработки полимеров, основные	Устный опрос

процессов, выбирать технические средства и технологии с учетом экологических последствий их применения (ПК-4)		законы химической кинетики.	законы химической кинетики.	получения и переработки полимеров, основные законы химической кинетики.	законы химической кинетики.	
	2 этап: Умения	Не умеет определять тип полимеризации (радикальный, анионный, катионный, ионно-координационный), определять кинетические параметры полимеризации, поликонденсации; устанавливать взаимосвязь кинетических параметров с молекулярной массой полимеров, степенью полимеризации; оценивать влияние температуры, давления, макроскопических факторов (реологии, массо- и теплопередачи, смещения и др.) на эффективность процессов синтеза полимеров.	Умеет не в полной мере определять тип полимеризации (радикальный, анионный, катионный, ионно-координационный), определять кинетические параметры полимеризации, поликонденсации; устанавливать взаимосвязь кинетических параметров с молекулярной массой полимеров, степенью полимеризации; оценивать влияние температуры, давления, макроскопических факторов (реологии, массо- и теплопередачи, смещения и др.) на эффективность процессов синтеза полимеров.	Не уверенно умеет определять тип полимеризации (радикальный, анионный, катионный, ионно-координационный), определять кинетические параметры полимеризации, поликонденсации; устанавливать взаимосвязь кинетических параметров с молекулярной массой полимеров, степенью полимеризации; оценивать влияние температуры, давления, макроскопических факторов (реологии, массо- и теплопередачи, смещения и др.) на эффективность процессов синтеза полимеров.	Умеет определять тип полимеризации (радикальный, анионный, катионный, ионно-координационный), определять кинетические параметры полимеризации, поликонденсации; устанавливать взаимосвязь кинетических параметров с молекулярной массой полимеров, степенью полимеризации; оценивать влияние температуры, давления, макроскопических факторов (реологии, массо- и теплопередачи, смещения и др.) на эффективность процессов синтеза полимеров.	Решение задач
	3 этап: Владения (навыки / опыт деятельности)	Не владеет конкретными техническими решениями при разработке	Владеет отдельными конкретными техническими решениями при разработке	Не уверенно владеет конкретными техническими решениями при разработке	Владеет конкретными техническими решениями при разработке	Контрольная работа

		технологических процессов, выбирать технические средства и технологии с учетом экологических последствий их применения.	технологических процессов, выбирать технические средства и технологии с учетом экологических последствий их применения.	технологических процессов, выбирать технические средства и технологии с учетом экологических последствий их применения.	технологических процессов, выбирать технические средства и технологии с учетом экологических последствий их применения.	
--	--	---	---	---	---	--

6.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

Перечень вопросов к устному опросу

Перечень вопросов для оценки уровня сформированности компетенции **ОК-7** на этапе «Знание»

1. Иерархические уровни описания процессов синтеза полимеров.
2. Физические явления, сопровождающие химический процесс.
3. Макрокинетика, определение, задачи.
4. Запишите термодинамическое условие полимеризации.
5. Какие термодинамические параметры в него входят, охарактеризуйте их?
6. Что понимают под критической температурой полимеризации?
7. Какие типы мономеров могут быть использованы для получения полимеров по реакциям цепной полимеризации?
8. Сформулируйте основные допущения, сделанные при выводе кинетических уравнений, описывающих процесс радикальной полимеризации.
9. Проанализируйте «уравнения квадратного корня», сделайте выводы?
10. Напишите уравнение Аррениуса, объясните его сущность.
11. Объясните, влияние концентрации мономера, инициатора и температуры на скорость радикальной полимеризации и молекулярную массу получаемого полимера.
12. Приведите уравнение скорости инициирования, роста и обрыва цепи в катионной полимеризации.
13. Приведите уравнение скорости инициирования, роста и обрыва цепи в анионной полимеризации.
14. Какие факторы влияют на состав сополимеров при сополимеризации?
15. При каких значениях констант сополимеризации можно получить статистические, чередующиеся и блок-сополимеры?

Перечень вопросов для оценки уровня сформированности компетенции **ПК-4** на этапе «Знания»

1. Реактор идеального смешения, устройство, режим работы.
2. Реактор идеального вытеснения, устройство, режим работы.
3. Дайте определение понятия эффективности инициирования (f). Если $f = 0,7$, что это значит?
4. Какие физические явления и схемы реакций приводят к значениям $f < 1$?
5. Радикальная полимеризация. Основные стадии. Кинетические уравнения.
6. Общие закономерности ионной полимеризации, основные отличия. Активные центры. Основные стадии, кинетика.
7. Назовите основные виды катализаторов и мономеров для катионной полимеризации.
8. Объясните роль среды на типы образующихся активных центров, приведите примеры реакций инициирования катионной полимеризации.
9. Каковы особенности обрыва цепи в катионной полимеризации?
10. Кинетическое уравнение катионной полимеризации. Степень полимеризации.
11. Назовите основные типы катализаторов и мономеров для анионной полимеризации.
12. Объясните роль среды на типы образующихся активных центров, приведите примеры реакций инициирования анионной полимеризации.

13. Кинетика анионной полимеризации с обрывом цепи.
14. Кинетика гетерогенно-каталитических систем. Основные стадии. Кинетическое уравнение химической стадии.
15. Кинетика процессов ступенчатой необратимой полимеризации.

Темы рефератов

Перечень вопросов для оценки уровня сформированности компетенции **ОК-7** на этапе «Умения»

1. Особенности кинетики суспензионной полимеризации винилхлорида.
2. Особенности кинетики эмульсионной полимеризации винилхлорида.
3. Особенности кинетики полимеризации винилхлорида в массе.
4. Способы регулирования молекулярно-массового распределения поливинилхлорида.
5. Зависимость степени превращения винилхлорида на термостабильность ПВХ.
6. Влияние эмульгаторов на макрокинетику полимеризации винилхлорида.
7. Влияние поверхностно-активных веществ на макрокинетику полимеризации винилхлорида.
8. Кинетика полимеризации изопрена.
9. Кинетика полимеризации бутадиена.
10. Кинетика полимеризации этилена.
11. Влияние давления и температуры на кинетику полимеризации этилена.
12. Кинетика полимеризации изобутилена.
13. Кинетика полимеризации пропилена.
14. Влияние давления и температуры на кинетику полимеризации пропилена.
15. Кинетика полимеризации метилметакрилата.
16. Кинетика полимеризации аллилацетата.
17. Кинетика поликонденсация фталевого ангидрида и глицерина.
18. Кинетика полимеризации поливинилового спирта.
19. Особенности кинетики сополимеризации бутадиена и стирола.
20. Кинетика полимеризации акрилонитрила.

Тестовые задания

Перечень вопросов для оценки уровня сформированности компетенции **ОК-7** на этапе «Владение»

Задание 1

Выражение закона действующих масс для скорости элементарной реакции инициирования $I \rightarrow 2I$ имеет вид...

Варианты ответов:

- | | |
|-----------------------|-----------------------|
| 1) $V = k_{ин} [2I]$ | 2) $V = k_{ин} [I]$ |
| 3) $V = k_{ин} [I]^2$ | 4) $V = k_{ин} [I]^2$ |

Задание 2

Выражение закона действующих масс для скорости элементарной реакции роста цепи $I + M \rightarrow IM$ имеет вид...

Варианты ответов:

- | | |
|--------------------------|----------------------------|
| 1) $V = k_p [I \cdot M]$ | 2) $V = k_p [I \cdot] [M]$ |
|--------------------------|----------------------------|

3) $V = k_p [IM \cdot]^2$ 4) $V = k_p [IM^2]$

Задание 3

Выражение закона действующих масс для скорости элементарной реакции обрыва цепи рекомбинацией имеет вид...

Варианты ответов:

1) $V = k_o [R \cdot]$ 2) $V = k_o$
 3) $V = k_o [R \cdot]^2$ 4) $V = k_o [R^2]$

Задание 4

Выражение закона действующих масс для скорости элементарной реакции обрыва цепи за счет реакции передачи цепи на мономер $IM_n \cdot + M \rightarrow IM_n + M \cdot$ имеет вид...

Варианты ответов:

1) $V = k_n [IM_n \cdot][M]$ 2) $V = k_n [M]$
 3) $V = k_n [IM_n \cdot]^2$ 4) $V = k_n [M^2]$

Задание 5

В качестве инициаторов радикальной полимеризации используют...

- 1) пероксиды, азосоединения; 2) соли высших спиртов, соли жирных кислот;
 2) кванты света; 4) протонные кислоты

Задание 6

В качестве эмульгаторов в процессах полимеризации используют:

- 1) пероксиды, азосоединения; 2) соли переходных металлов;
 3) соли высших спиртов, соли жирных кислот; 4) соли алифатических сульфокислот.

Задание 7

Использование воды в качестве дисперсионной среды позволяет ...

- 1)) повысить число радикалов; 2) повысить вязкость среды;
 2) обеспечить пожаробезопасность процесса; 4) получить растворимый полимер

Задание 8

Вещества, вводимые в реакционную смесь при полимеризации и способные обрывать физические цепи роста макромолекул с образованием радикала, который может инициировать рост новых цепей, называются ...

- 1) замедлителями; 2) инициаторами;
 3) регуляторами ММР; 4) эмульгаторами.

Задание 9

Для увеличения выхода продукта в равновесной поликонденсации используют следующие технологические приемы.

- 1) повышение температуры процесса; 2) удаление низкомолекулярного продукта;
 3) повышение давления; 4) введение ингибиторов.

Задание 10

В качестве регуляторов ММР в ионно-координационной полимеризации олефинов используют...

- 1) ароматические углеводороды; 2) гидриды металлов, спирты, воду;
 2) азеотропообразователи; 4) инертные газы.

Задание 11

Для обеспечения устойчивого теплового режима процесса полимеризации и избежания теплового взрыва используют следующие технологические приемы.

- 1) глубокое вакуумирование;
- 2) увеличение поверхности теплообмена;
- 3) применение дисперсионной среды;
- 4) интенсивное перемешивание

Решение задач

Перечень задач для оценки уровня сформированности компетенции **ПК-4** на этапе «Умения»

1. Зная константы скорости k_u при двух температурах, рассчитать кажущуюся энергию активации E_u процесса распада некоторого инициатора. Пусть при 80°C $k_u = 4,6 \cdot 10^{-5} \text{ c}^{-1}$, а при 90°C $k_u = 2,1 \cdot 10^{-4} \text{ c}^{-1}$.

2. Рассчитать эффективность 2,2'-азо-бис-изобутиронитрила, если при полимеризации стирола исходная концентрация инициатора составляла 1,1%, а за 20 мин реакции на 100 г мономера выделилось 80 см^3 азота (в пересчёте на нормальные условия). Степень превращения мономера достигла 5%. Молекулярная масса полученного полимера 2500 (определена осмометрическим методом).

3. Определить значение $k_p/k_o^{1/2}$ и скорость иницирования винилового мономера, если при изучении реакции в присутствии добавок различных количеств ингибитора установлены следующие зависимости:

$$1) \ln([M]_0/[M]_t) = -7,302 + 3,6224 \cdot 10^{-2} t;$$

$$2) t_i = 2 \cdot 10^{-5} + 2857 C_{\text{инг}},$$

где t – время реакции, мин; t_i – продолжительность индукционного периода, мин; $C_{\text{инг}}$ – концентрация ингибитора, моль/дм³; $[M]_0$, $[M]_t$ – концентрация мономера в начальный момент реакции и через время t соответственно.

4. Рассчитать длину кинетической цепи в процессе синтеза полиметилметакрилата, если при полимеризации в присутствии динитрила азодизомасляной кислоты (ДАК), эффективность которого $f_3 = 0,6$, скорость реакции составляет $V_p = 40$ моль/(дм³·с), а концентрация инициатора и мономера – соответственно $[I] = 0,16$ моль/дм³ и $[M] = 20$ моль/дм³. Константа скорости разложения инициатора $k_u = 0,85 \cdot 10^{-5} \text{ c}^{-1}$.

5. Рассчитать степень полимеризации полистирола, полученного в присутствии пероксида бензоила при 60°C , если обрыв цепи происходит преимущественно рекомбинацией; концентрация мономера и инициатора составляет соответственно $[M] = 20\%$ и $[I] = 0,2\%$; скорость реакции $V_p = 25 \cdot 10^{-5}$ моль/(дм³·с); $f_3 = 0,5$; $k_i = 3,6 \cdot 10^{-4}$.

6. Рассчитать степень полимеризации поливинилацетата, полученного при 25°C , допустив, что передача цепи идёт только через мономер, обрыв цепи в 40 случаях из 100 происходит рекомбинацией и за 20 мин реакции из 10^9 молекул мономера образовалось $2 \cdot 10^4$ растущих радикалов. Константа передачи кинетической цепи на мономер $C_M = 2,24 \cdot 10^{-4} \text{ дм}^3/(\text{моль} \cdot \text{с})$.

7. В результате полимеризации акрилонитрила при 60°C в присутствии пероксида водорода как инициатора образуется полимер с выходом 80%. Оцените разветвлённость синтезированного полимера, если значение $C_{\text{п}}$ составляет $1,01 \cdot 10^{-4}$.

8. Передача кинетической цепи на неактивную макромолекулу при синтезе полиметилметакрилата приводит к образованию макрорадикала. Константа этого процесса составляет $0,2 \cdot 10^{-4}$. Для условий проведения реакции проследите за изменением плотности ветвления при увеличении степени конверсии, если известно, что среднее значение степени полимеризации \bar{P}_n полимера составляет 1100. Экспериментально было установлено, что степень полимеризации \bar{P}_n при $X_M > 30\%$ меняется незначительно.

9. Рассчитать эффективность инициатора динитрила азо-бис-изомасляной кислоты, если за 30 мин при 80°C разложилось $5 \cdot 10^{-3}$ моль инициатора, но образовалось $2,4 \cdot 10^{-3}$ моль поливинилацетата.

10. При полимеризации акрилонитрила получены 3 полимера со средними степенями полимеризации соответственно 800, 1200 и 1800. для синтеза в качестве инициатора использован ДАК в количестве $0,5 \cdot 10^{-2}$; $0,34 \cdot 10^{-2}$ и $0,24 \cdot 10^{-2}$ моль/моль мономера соответственно. Условия проведения процесса не менялись. Степень конверсии во всех случаях составляла 55%. Установить связь между количеством инициатора и количеством разветвлённых макромолекул, если известна константа передачи цепи на полимер $C_n = 4,7 \cdot 10^{-4}$.

Контрольная работа

Перечень контрольных заданий для оценки уровня сформированности компетенции **ПК-4** на этапе «Владение»

Вариант 1

1. Рассчитать эффективность динитрила азо-*бис*-изомасляной кислоты, если за 10 мин протекания реакции разложилось $3,5 \cdot 10^{-3}$ моль инициатора и образовалось $2,7 \cdot 10^{-3}$ моль полимера.

2. Для прекращения реакции полимеризации, увеличения средней величины молекулярной массы и уменьшения полидисперсности полимера после 5 ч проведения полимеризации в реакционную смесь добавили ингибитор в количестве, соответствующем количеству радикалов, находящихся в реакционной смеси. Рассчитать константу скорости обрыва цепи ингибитором, если известно, что: концентрация мономера – 5 моль/дм³, концентрация инициатора - $3 \cdot 10^{-2}$ моль/дм³, эффективность инициатора $f_s = 0,38$, константа скорости распада инициатора $k_i = 0,43 \cdot 10^{-5} \text{ с}^{-1}$, $k_p = 660 \text{ дм}^3/(\text{моль} \cdot \text{с})$, $k_o = 86,5 \cdot 10^6 \text{ дм}^3/(\text{моль} \cdot \text{с})$. Известно также, что степень конверсии мономера к моменту введения ингибитора составила 50%.

Вариант 2

1. Рассчитать количество молей образовавшегося полистирола, если известно, что эффективность инициатора – пероксида бензоила – в реакции полимеризации стирола составляла 0,56. Через 25 мин разложилось $4,5 \cdot 10^{-3}$ моль инициатора. Обрыв цепи происходит преимущественно в результате диспропорционирования.

2. В результате полимеризации акрилонитрила в 50,5%-ном водном растворе роданида натрия под действием динитрила азо-*бис*-изомасляной кислоты, взятого в количестве 0,1 % (мол.) по отношению к мономеру, после 4 ч ведения процесса получен полимер со средней степенью полимеризации 1100. Выход полимера составил 76%. Константа скорости распада инициатора в условиях процесса $k_i = 2,4 \cdot 10^{-4} \text{ с}^{-1}$. Определить эффективность инициатора на момент завершения синтеза.

Перечень вопросов к зачету

1. Значение макрокинетики в технологии полимеров.
2. Развитие макрокинетики в технологии полимеров.
3. Основные понятия. Степень превращения. Закон стехиометрических соотношений. Скорость химической реакции, константа скорости. Порядок реакции. Уравнение Аррениуса.
4. Термодинамика процессов синтеза полимеров.
5. Тепловые особенности синтеза полимеров.
6. Термодинамика разложения полимеров.
7. Физико-химические и технологические особенности теплообмена в условиях синтеза полимеров.

8. Гидродинамика и реология процессов синтеза полимеров.
9. Влияние кинетической схемы процесса синтеза на характер изменения вязкости.
10. Термодинамика процессов полимеризации. Тепловой эффект, изменение энтропии. Энергия Гиббса, константа равновесия, предельная температура процесса.
11. Радикальная полимеризация. Основные стадии. Кинетические уравнения.
12. Применение ингибиторов и замедлителей процесса радикальной полимеризации.
13. Регулирование размеров и структуры макромолекул с использованием ионных инициаторов процесса полимеризации.
14. Общие закономерности ионной полимеризации, основные отличия. Активные центры. Основные стадии, кинетика.
15. Катионная полимеризация. Инициирование, механизмы действия. Рост цепи. Обрыв цепи. Кинетическое уравнение катионной полимеризации. Степень полимеризации.
16. Анионная полимеризация. Инициаторы. Кинетика анионной полимеризации с обрывом цепи.
17. Ионно-координационная полимеризация, образование комплексов, стереоспецифическое взаимодействие.
18. Кинетика гетерогенно-каталитических систем. Основные стадии. Кинетическое уравнение химической стадии.
19. Особенности роста макромолекул, основные реакции роста цепей. Поликонденсация.
20. Примеры функциональных групп в мономерах и типы образующихся полимеров. Функциональность полимеров.
21. Термодинамика полиприсоединения и поликонденсации.
22. Равновесия в поликонденсационных процессах. Константа равновесия, обратимые и необратимые процессы. Степень полимеризации, связь с константой равновесия. Управление величиной выхода полимера, основные приемы.
23. Стадии поликонденсационных процессов. Образование реакционных центров. Образование макромолекул. Прекращение роста цепи.
24. Классификация поликонденсационных процессов по механизму образования активных центров. Стадия образования цепных молекул при поликонденсации.
25. Кинетика процессов ступенчатой необратимой полимеризации. Зависимость средней степени поликонденсации от времени.
26. Способы увеличения выхода полимера в процессе поликонденсации.
27. Способы смещения равновесия в процессе обратимой поликонденсации.
28. Реакторы смешения и реакторы вытеснения. Кинетическое описание периодического реактора идеального смешения.
29. Кинетическое описание непрерывного реактора идеального вытеснения.
30. Кинетическое описание непрерывного реактора идеального смешения.
31. Вязкость. Ньютоновские и неньютоновские жидкости. Особенности поведения полимеров. Изменение вязкости в ходе реакции полимеризации в реакторах смешения, вытеснения. Влияние на тепло- и массообмен. Гель-эффект.
32. Тепловые особенности синтеза полимеров. Критическая температура. Адиабатическая температура. Уравнение теплового баланса процесса синтеза полимеров. Изотермический режим. Адиабатический режим. Автотермический режим.
33. Контролируемый самопроизвольный разогрев реакционной смеси. Тепловая устойчивость процесса полимеризации. Точка зажигания реакции. Тепловой взрыв. Управление температурной границей области неустойчивых тепловых режимов.
34. Экологические проблемы полимерных технологий.

6.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Рейтинг-план дисциплины

Виды учебной деятельности студентов	Балл за конкретное задание	Число заданий за семестр	Баллы	
			Минимальный	Максимальный
Модуль 1				
Текущий контроль			0	30
1. Устный опрос	5	3	0	15
2. Защита рефератов	15	1	0	15
Рубежный контроль	20		0	20
Тестирование	20	1	0	20
Модуль 2				
Текущий контроль			0	30
1. Устный опрос	5	3	0	15
2. Решение задач	5	3	0	15
Рубежный контроль	20		0	20
Письменная контрольная работа	20	1	0	20
Посещаемость (баллы вычитаются из общей суммы набранных баллов)				
Посещение лекционных занятий			0	-6
Посещение практических (практических, лабораторных занятий)			0	-10
Итоговый контроль				
Зачет				

Объем и уровень сформированности компетенций целиком или на различных этапах у обучающихся оцениваются по результатам текущего контроля количественной оценкой, выраженной в рейтинговых баллах. Оценке подлежит каждое контрольное мероприятие.

При оценивании сформированности компетенций применяется четырехуровневая шкала «неудовлетворительно», «удовлетворительно», «хорошо», «отлично».

Максимальный балл по каждому виду оценочного средства определяется в рейтинг-плане и выражает полное (100%) освоение компетенции.

Уровень сформированности компетенции «хорошо» устанавливается в случае, когда объем выполненных заданий соответствующего оценочного средства составляет 80 - 100%; «удовлетворительно» – выполнено 40 - 80%; «неудовлетворительно» – выполнено 0 - 40%

Рейтинговый балл за выполнение части или полного объема заданий соответствующего оценочного средства выставляется по формуле:

$$\text{Рейтинговый балл} = k \times \text{Максимальный балл},$$

где $k = 0,2$ при уровне освоения «неудовлетворительно», $k = 0,4$ при уровне освоения «удовлетворительно», $k = 0,8$ при уровне освоения «хорошо» и $k = 1$ при уровне освоения «отлично».

Оценка на этапе промежуточной аттестации выставляется согласно Положению о модульно-рейтинговой системе обучения и оценки успеваемости студентов БашГУ:

На зачете выставляется оценка:

- зачтено - при накоплении от 60 до 110 рейтинговых баллов (включая 10 поощрительных баллов),

- не зачтено - при накоплении от 0 до 59 рейтинговых баллов.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

7.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

Основная учебная литература:

1. Киреев В.В. Высокомолекулярные соединения: учеб. для бакалавров высш. проф. образования по направлению подготовки "Химическая технология" / В.В. Киреев. – М.: Юрайт, 2013. – 602с. (Кол-во экземпляров: всего – 30)
2. Семчиков Ю.Д. Введение в химию полимеров: учеб. пособие для студ. вузов хим. спец. / Ю.Д. Семчиков, С.Ф. Жильцов, С.Д. Зайцев. – 2-е изд., стер. – СПб.: Лань, 2014. – 222с. (Кол-во экземпляров: всего – 20)

Дополнительная учебная литература:

1. Кленин В.И. Высокомолекулярные соединения: учебник / В.И. Кленин, И.В. Федусенко. – 2-е изд., испр. – СПб.: Лань, 2013. – 508с. (Кол-во экземпляров: всего – 10)
2. Практическая химическая кинетика. Химическая кинетика в задачах с решениями: учеб. пособие для студ. спец. 020101.65-Химия / А. Х. Воробьев [и др.]; под общ. ред. М.Я. Мельникова. – М.: Изд-во МГУ; СПб.: Изд-во СПбГУ, 2006. – 590с. (Кол-во экземпляров: всего – 10)

7.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» (далее - сеть «Интернет»), необходимых для освоения дисциплины (модуля)

№	Наименование документа с указанием реквизитов	Срок действия документа
1.	Электронно-библиотечная система ZNANIUM.COM, договор с ООО «ЗНАНИУМ» № 3151эбс от 31.05.2018	До 03.06.2019
2.	Электронно-библиотечная система «ЭБС ЮРАЙТ» (коллекция книг для СПО), договор от 31.05.2018.	До 02.06.2019
3.	Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека online», договор с ООО «Нексмедиа» № 847 от 29.08.2017	До 01.10.2018
4.	Электронно-библиотечная система издательства «Лань», договор с ООО «Издательство «Лань» № 838 от 29.08.2017	До 01.10.2018
5.	База данных периодических изданий (на платформе East View EBSCO), договор с ООО «ИВИС» № 133-П 1650 от 03.07.2018	До 31.06.2019
6.	База данных периодических изданий на платформе Научной электронной библиотеки (eLibrary), Договор с ООО «РУНЭБ» № 1256 от 13.12.2017	До 31.12.2018
7.	Электронная база данных диссертаций РГБ, Договор с ФГБУ «РГБ» № 095/04/0220 от 6 дек. 2017 г.	До 07.12.2018

8.	Национальная электронная библиотека, Договор с ФГБУ «РГБ» № 101/НЭБ/1438 от 13 апр. 2016 г.	Бессрочный
9.	Электронно-библиотечная система «ЭБ БашГУ», договор с ООО «Открытые библиотечные системы» № 095 от 01.09.2014	Бессрочный

№	Адрес (URL)	Описание страницы
1.	http://www.en.edu.ru/	Естественнонаучный образовательный портал
2.	http://www.xumuk.ru/	ХиМик.ru
3.	http://www.rushim.ru/books/books.htm	Электронная библиотека по химии и технике

7.3. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)

Наименование программного обеспечения
Office Standard 2007 Russian OpenLicensePackNoLevelAcdbc
Windows 7 Professional

8. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

Вид учебных занятий	Организация деятельности обучающегося
Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; пометить важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначить вопросы, термины, материал, который вызывает трудности, пометить и попытаться найти ответ в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на консультации, на практическом занятии. Уделить внимание следующим понятиям (макрокинетика, технология переработки полимеров) и др.
Практические занятия	Проработка рабочей программы, уделяя особое внимание целям и задачам, структуре и содержанию дисциплины. Конспектирование источников. Работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам, просмотр рекомендуемой литературы. Решение задач по алгоритму и др.

Контрольная работа / тестирование / решение задач	Изучение основной и дополнительной литературы, включая справочные издания, конспект основных положений, терминов, сведений, требующихся для запоминания и являющихся основополагающими в этой теме. Решение задач и составление материального баланса.
Устный опрос	Работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам и др.
Реферат	Реферат: Поиск литературы и составление библиографии, использование от 3 до 5 научных работ, изложение мнения авторов и своего суждения по выбранному вопросу; изложение основных аспектов проблемы. Ознакомиться со структурой и оформлением реферата.
Подготовка к зачету	При подготовке к зачету необходимо ориентироваться на конспекты лекций, рекомендуемую литературу и др.

9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, учебная аудитория текущего контроля и промежуточной аттестации, учебная аудитория групповых и индивидуальных консультаций №36	Учебная мебель, доска, мультимедиа-проектор, экран настенный, учебно-наглядные пособия
Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, учебная аудитория текущего контроля и промежуточной аттестации, учебная аудитория групповых и индивидуальных консультаций №37	Учебная мебель, доска, мультимедиа-проектор, экран настенный, учебно-наглядные пособия
Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, учебная аудитория текущего контроля и промежуточной аттестации, учебная аудитория групповых и индивидуальных консультаций №38	Учебная мебель, доска, мультимедиа-проектор, экран настенный, учебно-наглядные пособия
Кабинет безопасности жизнедеятельности. Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, учебная аудитория текущего контроля и промежуточной аттестации, учебная аудитория групповых и индивидуальных консультаций №39	Учебная мебель, мультимедиа-проектор, экран настенный, оборудование для проведения лабораторных работ, учебно-наглядные пособия
Читальный зал: помещение для самостоятельной работы №144	Учебная мебель, учебно-наглядные пособия, компьютеры