



МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«МИРЭА — Российский технологический университет»

РТУ МИРЭА

УТВЕРЖДАЮ
Первый проректор

_____ Н.И. Прокопов
« ____ » _____ 20 ____ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

2.1.6 «Высокомолекулярные соединения»

Научная специальность

1.4.7. «Высокомолекулярные соединения»

Форма обучения

Очная

Москва 2025

1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины «Высокомолекулярные соединения» являются:

1. Формирование знаний и умений в области синтеза полимеризационных и конденсационных полимеров и изучение их основных свойств.
2. Определение зависимости свойств от строения мономеров, функциональности, условий получения полимеров и др., с целью создания полимерных структур с оптимальными свойствами для применения в различных областях науки и технологий.

2. Место дисциплины в структуре программы аспирантуры

Дисциплина «Высокомолекулярные соединения» является обязательной дисциплиной образовательного компонента блока «Дисциплины (модули)» учебного плана научной специальности 1.4.7. «Высокомолекулярные соединения».

3. Требования к результатам освоения дисциплины «Высокомолекулярные соединения»

В ходе освоения дисциплины «Высокомолекулярные соединения» идет дальнейшее формирование элементов (знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности) аспиранта:

способность к самостоятельному обучению новым методам исследования, способность к пониманию основных проблем в своей предметной области, выбору методов и средств их решения;

способность самостоятельно приобретать и использовать в практической деятельности новые знания и умения, в том числе в новых областях знаний, непосредственно не связанных со сферой своих исследований;

способность анализировать состояние научно-технической проблемы, систематизировать и обобщать научно-техническую информацию по теме исследований;

способность оценивать научную значимость и перспективы прикладного использования результатов исследований.

В результате освоения дисциплины аспирант должен:

Знать:

актуальные направления исследований в области современной науки о полимерах; общие принципы экспериментальных методов исследования полимеров как способ получения детальной информации об их строении, свойствах и молекулярных характеристиках; основные химические механизмы полимеризационных и поликонденсационных процессов получения синтетических полимеров и области их практического использования; основные

закономерности, определяющие свойства полимерных растворов, в том числе растворов полиэлектролитов; основные закономерности, определяющие механические свойства полимерных тел и их надмолекулярную структуру

Уметь:

сформулировать задачи научного исследования в области получения и изучения свойств высокомолекулярных соединений и выбрать необходимые методы их решения; выбрать необходимые методы исследования и обосновать их применимость для решения поставленной задачи в области химии высокомолекулярных соединений;

Владеть:

современными методами физико-химических исследований в области высокомолекулярных соединений

4. Содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины «Высокомолекулярные соединения» составляет 3 зачетных единицы (108 акад. часов).

4.1. Распределение объема дисциплины по разделам (темам), семестрам, видам учебной работы и формам контроля.

№ раздела	Семестр	Неделя семестра	Объем (в акад. час.)							Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Формы промежуточной аттестации (по семестрам)	
			Всего	Контактная работа (по видам учебных занятий)				СР	Контроль		
				Всего	ЛК	ПР	СР под рук.				
1	4	1	4	2	2			2		Устное собеседование	
1	4	2	6	2		2		2	2	Выполнение практических заданий	
2	4	3	4	2	2			2		Устное собеседование	
2	4	4	6	2		2		2	2	Выполнение практических заданий	
3	4	5	4	2	2			2		Устное собеседование	
3	4	6	6	2		2		2	2	Выполнение практических заданий	
4	4	7	4	2	2			2		Устное собеседование	
4	4	8	6	2		2		2	2	Выполнение практических заданий	
5	4	9	4	2	2			2		Устное собеседование	
5	4	10	6	2		2		2	2	Выполнение практических заданий	
6	4	11	4	2	2			2		Устное собеседование	
6	4	12	6	2		2		2	2	Выполнение практических заданий	
7	4	13	4	2	2			2		Устное собеседование	
7	4	14	6	2		2		2	2	Выполнение практических заданий	

№ раздела	Семестр	Неделя семестра	Объем (в акад. час.)							Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Формы промежуточной аттестации (по семестрам)
			Всего	Контактная работа (по видам учебных занятий)				СР	Контроль	
				Всего	ЛК	ПР	СР под рук.			
8	4	15	4	2	2			2		Устное собеседование
8	4	16	6	2		2		2	2	Выполнение практических заданий
8	4	17	4	2	2			2		Устное собеседование
8	4	18	8	2		2		2	4	Выполнение практических заданий
По материалам курса			16						16	Экзамен
Всего в 4 семестре:			108	36	18	18	0	36	36	
Всего:			108	36	18	18	0	36	36	

4.2. Наименование и содержание разделов дисциплины

Номер темы	Наименование темы	Содержание темы
1	Общие представления о полимерах	Мономер, олигомер, макромолекула, полимер, степень полимеризации. Конфигурация макромолекул, ее типы и экспериментальные методы определения. Средние молекулярные массы и молекулярно-массовое распределение полимеров, методы определения.
2	Растворы полимеров	Концентрационные режимы растворов полимеров: разбавленные, полуразбавленные, концентрированные растворы. Понятие кроссовера. Уравнение состояния разбавленного раствора полимера. Термодинамическое качество растворителя. Понятие θ — условий. Применение метода осмометрии для определения среднечисловой молекулярной массы полимера. Полимерная цепь в атермическом растворителе.
3	Полиэлектролиты	Полиэлектролиты в разбавленных растворах. Конденсация противоионов. Влияние низкомолекулярных солей на конформацию цепи ПЭ, изоионное разбавление. Полиэлектролиты в полуразбавленных растворах. Концентрация кроссовера.
4	Синтез полимеров	Классификация основных методов синтеза полимеров. Цепной и ступенчатый механизмы синтеза макромолекул. Требования к химической структуре мономеров, способных участвовать в полимеризации и поликонденсации. Термодинамика полимеризации мономеров с кратными связями и циклических мономеров. Термодинамика поликонденсации.
5	Химические реакции с	Макромолекулярные реакции, протекающие без

Номер темы	Наименование темы	Содержание темы
	участием макромолекул	изменения степени полимеризации. Полимераналогичные превращения: факторы, влияющие на кинетику и строение цепи продуктов полимераналогичных реакций. Композиционная неоднородность продуктов химических превращений полимеров. Внутримолекулярные реакции. Примеры практического применения полимераналогичных и внутримолекулярных реакций.
6	Структура полимеров	Основные представления о структуре аморфных полимеров. Свободный объем и температура стеклования полимеров. Особенности структуры кристаллических полимеров — кристаллиты и аморфная фаза. Типы надмолекулярных структур кристаллических полимеров. Кристаллизация полимеров — условия и критерии. Термодинамика и кинетика кристаллизации. Кристаллизация полимеров при наличии молекулярной ориентации. Отжиг и рекристаллизация
7	Механические свойства полимеров	Структурное и механическое стеклование. Механические свойства полимерных стекол. Природа и виды деформаций полимеров ниже температуры стеклования, явление вынужденной эластичности. Механические свойства кристаллических полимеров: влияние степени кристалличности, модуль упругости частично кристаллических полимеров. Температура стеклования кристаллических полимеров. Структурные перестройки при деформировании кристаллических полимеров
8	Методы исследования структуры и свойств полимеров	Особенности применения физических методов для изучения структуры и свойств олигомеров, полимеров, полимерных материалов и полимерных композитов. Экспериментальные методы исследования структуры макромолекул в растворе (вискозиметрия, светорассеяние, седиментация, двойное лучепреломление). Спектроскопия полимеров: ИК, МНПВО, КР. Специфика методов и задачи, решаемые с их применением. Теплофизические методы. Дилатометрия. Дифференциальный термический анализ. Калориметрические методы.

4.3. Лабораторные работы (ЛБ)

Учебным планом не предусмотрены.

4.4. Практические занятия (ПР)

№ п/п	Номер темы дисциплины	Тематика практических занятий	Трудоемкость (в акад. часах)
1.	1	Средние молекулярные массы и молекулярно-массовое распределение полимеров, методы определения.	2
2.	2	Уравнение состояния разбавленного раствора полимера. Термодинамическое качество растворителя. Понятие θ — условий.	2
3.	3	Полиэлектролиты в разбавленных растворах. Конденсация противоионов. Влияние низкомолекулярных солей на конформацию цепи ПЭ, изоионное разбавление.	2
4.	4	Цепной и ступенчатый механизмы синтеза макромолекул.	2
5.	5	Примеры практического применения полимераналогичных и внутримолекулярных реакций.	2
6.	6	Термодинамика и кинетика кристаллизации.	2
7.	7	Механические свойства кристаллических полимеров: влияние степени кристалличности, модуль упругости частично кристаллических полимеров.	2
8.	8	Экспериментальные методы исследования структуры макромолекул в растворе (вискозиметрия, светорассеяние, седиментация, двойное лучепреломление).	2
9.	8	Спектроскопия полимеров: ИК, МНПВО, КР. Специфика методов и задачи, решаемые с их применением. Теплофизические методы. Дилатометрия. Дифференциальный термический анализ. Калориметрические методы.	2
Всего:			18

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

Виды самостоятельной работы обучающегося, порядок и сроки ее выполнения:

подготовка к лекциям и практическим занятиям с использованием конспекта лекций, материалов практических занятий и приведенных ниже (п 8.1 и 8.2) источников (в соответствии с расписанием занятий);

оформление отчетов по выполненным практическим заданиям и теоретическая подготовка к их сдаче (в соответствии с расписанием занятий).

Перечень вопросов для проведения текущего контроля и промежуточной

аттестации — в соответствии с тематикой дисциплины.

6. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

6.1. Описание показателей и критериев оценивания знаний, умений и владений на различных этапах их формирования, описание шкал оценивая

6.1.1. Показатели и критерии оценивания, используемые шкалы оценивания

Показатели оценивания	Критерии оценивания	Средства оценивания	Шкалы оценивания
Умение	Правильность выполнения учебных заданий, аргументированность выводов	<i>Текущий контроль:</i> выполнение устных/письменных заданий, тестирование <i>Промежуточная аттестация:</i> экзамен	Шкала 1
Знание	Правильность и полнота ответов, глубина понимания вопроса	<i>Текущий контроль:</i> выполнение устных/письменных заданий, тестирование <i>Промежуточная аттестация:</i> экзамен	Шкала 1
Владение	Обоснованность и аргументированность выполнения учебной деятельности	<i>Текущий контроль:</i> выполнение практического задания, тестирование <i>Промежуточная аттестация:</i> экзамен	Шкала 2

6.1.2. Описание шкал оценивания степени сформированности знаний, умений и владений

Шкала 1. Оценка сформированности знаний, умений и владений

Обозначения		Формулировка требований к степени сформированности знаний, умений и владений		
Цифр.	Оценка	Знать	Уметь	Владеть
1	Неудовлетворительно	Отсутствие знаний	Отсутствие умений	Отсутствие навыков
2	Неудовлетворительно	Фрагментарные знания	Частично освоенное умение	Фрагментарное применение
3	Удовлетворительно	Общие, но не структурированные знания	В целом успешное, но не систематически осуществляемое умение	В целом успешное, но не систематическое применение
4	Хорошо	Сформированные,	В целом	В целом

Обозначения		Формулировка требований к степени сформированности знаний, умений и владений		
Цифр.	Оценка			
		Знать но содержащие отдельные пробелы знания	Уметь успешное, но содержащие отдельные пробелы умение	Владеть успешное, но содержащее отдельные пробелы применение навыков
5	Отлично	Сформированные систематические знания	Сформированное умение	Успешное и систематическое применение навыков

Шкала 2. Комплексная оценка сформированности знаний, умений и владений

Обозначения		Формулировка требований к степени сформированности знаний, умений и владений
Цифр.	Оценка	
1	Неудовлетворительно	Не имеет необходимых представлений о проверяемом материале
2	Удовлетворительно или неудовлетворительно <i>(по усмотрению преподавателя)</i>	Знать на уровне ориентирования , представлений. Субъект учения знает основные признаки или термины изучаемого элемента содержания, их отнесенность к определенной науке, отрасли или объектам, узнает их в текстах, изображениях или схемах и знает, к каким источникам нужно обращаться для более детального его усвоения
3	Удовлетворительно	Знать и уметь на репродуктивном уровне. Субъект учения знает изученный элемент содержания репродуктивно: произвольно воспроизводит свои знания устно, письменно или в демонстрируемых действиях
4	Хорошо	Знать, уметь, владеть на аналитическом уровне. Зная на репродуктивном уровне, указывать на особенности и взаимосвязи изученных объектов, на их достоинства, ограничения, историю и перспективы развития и особенности для разных объектов усвоения
5	Отлично	Знать, уметь, владеть на системном уровне. Субъект учения знает изученный элемент содержания системно, произвольно и доказательно воспроизводит свои знания устно, письменно или в демонстрируемых действиях, учитывая и указывая связи и зависимости между этим элементом и другими элементами содержания учебной дисциплины, его значимость в содержании учебной дисциплины

6.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые

для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования знаний, умений и владений в процессе освоения образовательной программы.

Типовые вопросы и задания для текущего контроля (оценка сформированности элементов (знаний, умений, навыков) в рамках текущего контроля по дисциплине) по разделам дисциплины

Примеры вопросов по теме 1:

1. Специфические свойства полимеров, отличающие их от низкомолекулярных веществ, причины их проявления.
2. Принципы классификации полимеров. Примеры.
3. Конформационная изомерия макромолекул. Термодинамическая и кинетическая гибкость цепи.
4. Понятие о конформации статистического клубка и причинах ее устойчивости. Среднеквадратичное расстояние между концами цепи, степень свернутости макромолекулы, влияние молекулярной массы.
5. Расчет среднеквадратичного расстояния между концами цепи и степени свернутости макромолекулы в рамках модели свободно-сочлененной цепи, модели цепи с фиксированными валентными углами и свободным внутренним вращением, а также модели цепи с фиксированными валентными углами и заторможенным внутренним вращением.
6. Гибкость макромолекул. Сегмент Куна как количественный критерий гибкости. Примеры гибкоцепных и жесткоцепных полимеров. Экспериментальное определение сегмента Куна.
7. Конфигурация макромолекулы. Типы конфигурационных изомеров на примере полиизопрена.
8. Молекулярно-массовые характеристики полимеров. Причины полидисперсности синтетических полимеров. Среднечисловая, средневесовая и z -средняя молекулярные массы.
9. Молекулярно-массовые характеристики полимеров. Дифференциальные и интегральные функции молекулярно-массового распределения синтетических полимеров.

Примеры вопросов по теме 2:

1. Типы фазовых диаграмм систем «полимер — растворитель». Правило фаз Гиббса. Верхняя и нижняя критические температуры растворения.
2. Осмометрия разбавленных растворов полимеров. Уравнение состояния полимеров в растворе. Определение молекулярной массы полимера с использованием метода осмометрии.
3. Термодинамическое качество растворителя и Θ -состояние полимерного раствора.
4. Понятие Θ -температуры и ее физический смысл. Связь Θ -температуры со степенью полимеризации и критической температурой растворения полимеров.
5. Размеры макромолекулярного клубка в хороших, плохих и Θ -растворителях. Коэффициент набухания и невозмущенные размеры

макромолекул, способы их определения.

6. Вискозиметрия разбавленных растворов полимеров. Относительная, удельная, приведенная и характеристическая вязкости. Концентрационная зависимость приведенной вязкости растворов полимеров.

7. Характеристическая вязкость. Связь характеристической вязкости с молекулярной массой полимера и размерами изолированных макромолекул. Влияние термодинамического качества растворителя на характеристическую вязкость.

8. Определение молекулярной массы макромолекул с помощью метода вискозиметрии (уравнение Марка-Куна-Хаувинка). Связь параметра «а» в уравнении Марка-КунаХаувинка с конформацией макромолекулы.

9. Экспериментальные методы определения среднечисловой и средневесовой молекулярной массы макромолекул.

Примеры вопросов по теме 3:

1. Полиэлектролиты. Классификация полиэлектролитов и основные представители каждого класса. Области применения линейных и сетчатых полиэлектролитов.

2. Уравнение состояния бессолевого и солевого раствора полиэлектролита. Равновесие Доннана.

3. Ионизационное равновесие в бессолевых водных растворах полиэлектролитов. Особенности диссоциации слабых полиэлектролитов без вторичной структуры.

4. Особенности диссоциации слабых полиэлектролитов со вторичной структурой в бессолевых водных растворах. Зависимости pK и приведенной вязкости от степени диссоциации α .

5. Конформационные превращения макромолекул линейных полиэлектролитов в водных растворах в зависимости от pH .

6. Конформационные превращения макромолекул линейных полиэлектролитов в водносолевых растворах. Полиэлектролитное набухание. Изоионное разбавление.

7. Полиамфолиты. Иоионная и изоэлектрическая точки, способы их определения. Специфическое связывание ионов низкомолекулярной соли полиамфолитом.

8. Интерполиэлектролитные реакции линейных полиэлектролитов.

Пример практического задания по теме 4:

1. Термодинамика полимеризации. Полимеризационно-деполимеризационное равновесие. Предельная температура полимеризации и равновесная концентрация мономера.

2. Радикальная полимеризация. Элементарные стадии радикальной полимеризации. Примеры мономеров и инициаторов.

3. Кинетика радикальной полимеризации при малых степенях превращения. Влияние температуры на скорость радикальной полимеризации.

Длина кинетической и материальной цепи в радикальной полимеризации. Оценка среднечисловой степени полимеризации из кинетических данных.

4. Катионная полимеризация. Элементарные стадии катионной полимеризации. Примеры мономеров и инициаторов.

5. Радикальная сополимеризация. Уравнение состава сополимера, константы сополимеризации. Диаграмма состава сополимера.

6. Основные принципы получения стереорегулярных макромолекул, примеры катализаторов.

7. Поликонденсация. Требования к структуре мономеров. Основные классы конденсационных полимеров. Типы равновесий в реакциях поликонденсации. Реакции внутри— и межмолекулярной циклизации, примеры.

8. Термодинамика поликонденсации. Константа равновесия. Равновесная и неравновесная поликонденсация. Примеры реакций. Факторы, влияющие на молекулярно-массовые характеристики конденсационных полимеров.

9. Основные отличия поликонденсации от цепной полимеризации. Примеры мономеров и полимеров.

Пример практического задания по теме 5:

1. Химические превращения макромолекул. Классификация реакций химических превращений и примеры использования таких реакций для получения новых полимеров.

2. Полимераналогичные реакции. Эффект соседа.

3. Блок— и привитые сополимеры. Способы их получения, отличия их свойств от свойств статистических сополимеров.

4. Реакции макромолекул, приводящие к образованию сетчатых полимеров на примере серной и бессерной вулканизации.

5. Реакции макромолекул, приводящие к образованию сетчатых полимеров на примере отверждения фенолформальдегидных и эпоксидных смол.

6. Цепная деструкция, деструкция по закону случая и деполимеризация. Механизм и продукты.

7. Термоокислительная деструкция. Механизм. Принципы стабилизации полимеров.

8. Внутримолекулярные реакции. Примеры использования внутримолекулярных реакций для получения полимеров с новыми свойствами.

Пример практического задания по теме 6:

1. Особенности структуры аморфных и кристаллических полимеров.

2. Высокоэластическое состояние аморфных полимеров. Энтропийная природа обратимой высокоэластической деформации полимеров.

3. Вязкоупругость эластомеров. Ползучесть и её предотвращение.

4. Релаксация напряжения. Кривые релаксации напряжения для линейных и слабосшитых эластомеров. Влияние температуры.

5. Модель Максвелла вязкоупругого тела и её применение для описания релаксации напряжения и ползучести полимерных тел.

6. Гистерезисные явления в линейных и сшитых каучуках. Механические

потери и их природа. Коэффициент механических потерь.

7. Стеклообразное состояние полимеров. Температура стеклования и ее зависимость от химической структуры полимера.

8. Особенности кристаллического состояния полимеров. Морфологические типы полимерных кристаллов.

9. Кристаллизующиеся полимеры. Примеры. Температурные условия кристаллизации полимеров.

10. Термодинамика кристаллизации и плавления полимеров. Понятие о равновесной температуре плавления. Влияние условий кристаллизации на экспериментально определяемую температуру плавления.

Пример практического задания по теме 7:

1. Термомеханический анализ низкомолекулярных и высокомолекулярных аморфных тел.

2. Температуры стеклования и текучести, их зависимость от молекулярной массы.

3. Способы определения температуры стеклования полимеров.

4. Динамический механический анализ. Тангенс угла механических потерь и его зависимость от температуры и частоты воздействия на аморфный полимер. Механическое стеклование.

5. Динамометрический метод исследования полимерных стекол. Механизм вынужденноэластической деформации. Предел вынужденной эластичности и его зависимость от температуры.

6. Термомеханический анализ кристаллических полимеров.

7. Динамометрический метод исследования кристаллических полимеров. Хрупкость. Температура хрупкости и её определение

Примеры вопросов по теме 8:

1. Как определить молекулярную массу полимера методом статического светорассеяния.

2. Какую информацию и каким образом можно получить методом динамического светорассеяния?

3. Какую информацию о полимерах позволяет получать метод ИК-спектроскопии?

4. Использование метода флуоресценции для исследования полимеров.

5. Какие объекты и процессы исследуют методом ЭПР?

6. Понятие интерференции волн. Понятие дифракции волн.

7. Формула Вульфа-Брэгга.

8. Какие процессы, происходящие в полимерах, можно изучать с помощью методов термического анализа?

9. Как определить модуль упругости полимера?

10. Какими методами можно определить температуру стеклования полимера?

Перечень вопросов для подготовки к экзамену (оценка

сформированности элементов (знаний, умений, навыков) в рамках промежуточной аттестации по дисциплине).

1. Классификация и номенклатура мономеров, олигомеров и полимеров.

2. Особенности химического строения мономеров, олигомеров и полимеров.

3. Синтетические органические, элементоорганические, неорганические и природные полимеры.

4. Полидисперсность, молекулярная масса, степень полимеризации, молекулярно-массовое и молекулярно-численное распределение олигомеров и полимеров.

5. Стереохимия полимеров.

6. Реакции получения олигомеров и высокомолекулярных соединений. Радикальная полимеризация. Особенности проведения полимеризации

7. Реакции получения олигомеров и высокомолекулярных соединений. Катионная полимеризация. Особенности проведения полимеризации.

8. Реакции получения олигомеров и высокомолекулярных соединений. Анионная полимеризация. Особенности проведения полимеризации.

9. Реакции получения олигомеров и высокомолекулярных соединений. Ионно-координационная полимеризация. Особенности проведения полимеризации.

10. Полимеризация в растворе. Термодинамика процесса.

11. Полимеризация в массе. Термодинамика процесса.

12. Полимеризация в суспензии. Термодинамика процесса.

13. Полимеризация в эмульсии. Термодинамика процесса.

14. Полимеризация в твердой фазе. Термодинамика процесса.

15. Механизм проведения радикальной полимеризации. Строение мономеров и способность их к полимеризации.

16. Методы инициирования радикальной полимеризации. Кинетика радикальной полимеризации и уравнение скорости полимеризации.

17. Влияние различных факторов на молекулярную массу и молекулярно-массовое распределение полимера. Понятие о длине кинетической цепи.

18. Ингибиторы и регуляторы радикальной полимеризации. Обратимое ингибирование.

19. Радикальная полимеризация при глубоких степенях превращения. Гель-эффект.

20. Кинетика и механизмы эмульсионной полимеризации.

21. Сополимеризация, ее механизм и основные закономерности. Уравнение состава сополимера.

22. Константы сополимеризации и их физический смысл. Влияние среды, давления и температуры.

23. Схема Q-e Алфрея и Прайса. Статистические, привитые и блок-

сополимеры.

24. Реакционная способность мономеров в ионных реакциях. Катализаторы и сокатализаторы. Механизмы процесса. Образование активного центра, рост и обрыв цепи. Скорости элементарных реакций.

25. Скорость процессов катионной и анионной полимеризации, влияние среды и температуры на кинетику и полидисперсность образующихся полимеров. Примеры образования «живых» полимерных цепей.

26. Сополимеризация катионная и анионная.

27. Катализаторы Циглера-Натта. Ионно-координационная полимеризация на литиевых катализаторах.

28. Стереорегулярные полимеры и условия их получения.

29. Полиприсоединение. Механизм образования полиуретанов, поликарбамидов и эпоксидных полимеров.

30. Поликонденсация: равновесная и неравновесная. Типы химических реакций поликонденсации. Реакционная способность функциональных групп.

31. Основные признаки разветвленных полимеров и методы синтеза, их конфигурация (на уровнях звена, цепи, присоединения звеньев, присоединения блоков) и конформация.

32. Факторы, определяющие конформационные переходы. Структурная модификация и надмолекулярная структура. Сверхразветвленные полимеры и дендримеры, их синтез и особенности строения.

33. Сшитые полимеры. Типы сшитых полимеров. Формирование трехмерных структур в процессе синтеза и химических превращений в макромолекулах.

34. Сшитые жесткоцепные и эластичные полимеры.

35. Статистические методы описания процессов образования сшитых полимеров. Параметры сеток.

36. Основные зависимости между структурными характеристиками пространственно сшитых полимеров. Виды сшивающих агентов и особенности строения сеток. Влияние типа поперечных связей на механические свойства сшитых эластомеров.

37. Смеси полимеров. Истинные и коллоидные растворы смесей полимеров, механизм смешения и типы фазовых структур в смесях полимеров.

38. Смеси полимеров как матрицы для получения полимерных композиционных материалов (ПКМ), специфика синтеза ПКМ с их применением. Многокомпонентные смеси полимеров.

39. Природные полимеры и их разновидности, методы выделения из природного сырья и идентификации, методы модификации.

40. Целлюлоза, хитин, хитозан и их производные. Применение природных полимеров.

41. Химическая модификация полимеров. Основные закономерности модификации полимеров. Реакционная способность функциональных групп макромолекул и низкомолекулярных соединений.

42. Эффекты цепи и соседней группы, конфигурационные и конформационные эффекты. Реакции замещения в полимерной цепи. Влияние условий на кинетические закономерности и строение образующихся полимеров.
43. Реакции структурирования полимеров и их особенности. Изменение свойств полимеров в результате структурирования.
44. Межмолекулярные реакции и образование трехмерных сеток. Реакции присоединения, отщепления и изомеризации.
45. Методы получения полимерных композиционных материалов.
46. Межфазные явления на границах раздела полимер-полимер, полимер-твердое тело. Адгезия.
47. Влияние формы, химического и физического состояния поверхности на свойства ПКМ. Методы химической и физической модификации компонентов ПКМ.
48. Деструкция полимеров и композиционных материалов. Основные виды деструкции: химическая, термическая, термоокислительная, фото— и механическая. Старение полимеров.
49. Стабилизация высокомолекулярных соединений. Понятие о стойкости полимеров и композиционных материалов к внешним воздействиям.
50. Конформационная статистика полимерных цепей. Конфигурация и конформация макромолекул.
51. Основные модели полимерных цепей: свободносочлененная цепь, цепь с фиксированными углами. Характеристики размеров и формы полимерных цепей. Внутреннее вращение и поворотная изомерия.
52. Полимеры с хиральными центрами. Конформация макромолекул и конформационная энергия. Стереорегулярность и микроструктура цепных молекул.
53. Гибкость полимерных цепей и ее характеристики. Термодинамическая и кинетическая гибкость макромолекул. Ближние и дальние взаимодействия.
54. Размеры и формы реальных цепных молекул и их экспериментальное определение. Понятие о статистическом сегменте.
55. Высокомолекулярные соединения в растворе. Характер взаимодействия в растворах полимеров.
56. Термодинамика растворов полимеров.
57. Теория Флори-Хаггинса. q -температура.
58. Объемные эффекты. Концентрированные растворы полимеров. Фазовые диаграммы полимер-растворитель.
59. Гидродинамические свойства макромолекул в растворе. Диффузия макромолекул в растворе.
60. Методы фракционирования полимеров. Растворы полиэлектролитов. Полимеры как матрицы для твердых электролитов. Иономеры.
61. Физические и фазовые состояния полимеров: стеклообразное, высокоэластическое и вязкотекучее.

62. Аморфные и кристаллические полимеры. Фазовые переходы, механизм кристаллизации и плавления кристаллов.
63. Влияние структуры и внешних воздействий на фазовые переходы.
64. Моделирование молекулярной и надмолекулярной структур олигомеров, полимеров и сополимеров в растворах, расплавах и полимерных твердых тел в аморфном, полукристаллическом кристаллическом состояниях.
65. Моделирование процессов, протекающих на стадии образования макромолекул.
66. Модельные представления о смесях полимеров и полимеров с введенными в их состав функциональными ингредиентами.
67. Физико-механические свойства полимеров. Деформационные свойства. Напряжение, деформация и упругость.
68. Обобщенная форма закона Гука, измерение модулей упругости. Идеальное пластическое тело, процесс развития пластических деформаций.
69. Влияние гидростатического давления, температуры и скорости деформации на предел текучести.
70. Особенности применения физических методов для изучения структуры и свойств олигомеров, полимеров, полимерных материалов и полимерных композитов.
71. Методы обработки экспериментальных данных и определение достоверности полученных результатов: доверительный интервал, относительная и абсолютная погрешности измерений.
72. Экспериментальные методы исследования структуры макромолекул в растворе (вискозиметрия, светорассеяние, седиментация, двойное лучепреломление).
73. Спектроскопия полимеров: ИК, МНПВО, КР. Специфика методов и задачи, решаемые с их применением.
74. Масс-спектрометрия. Сущность метода, аппаратура, области применения. Времяпролетная масс-спектрометрия.
75. Физико-механические методы. Термомеханический метод.
76. Неразрушающие методы исследования ПКМ.
77. Динамические методы. Диэлектрическая и механическая спектроскопия.

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

Процедуры и средства оценивания элементов знаний, умений и владений по дисциплине «Высокомолекулярные соединения»

Процедура проведения	Средство оценивания				
	Текущий контроль				Промежуточный контроль
	Выполнение устных заданий	Выполнение письменных заданий	Выполнение практических заданий	Выполнение тестовых заданий	Экзамен
Продолжительность контроля	По усмотрению преподавателя	По усмотрению преподавателя	По усмотрению преподавателя	По усмотрению преподавателя	В соответствии с принятыми нормами времени
Форма проведения контроля	Устный опрос	Письменный опрос	Письменный опрос	Письменный опрос	В письменной форме
Вид проверочного задания	Устные вопросы	Письменные задания	Практические задания	Письменный опрос	Экзаменационный билет
Форма отчета	Устные ответы	Ответы в письменной форме	Ответы в письменной форме	Ответы в письменной форме	Ответы в письменной форме
Раздаточный материал	Нет	Справочная литература	Справочная литература	Справочная литература	Справочная литература

7. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Дисциплина «Высокомолекулярные соединения» предусматривает лекции и практические занятия. Успешное изучение дисциплины требует посещения лекций, активной работы на практических занятиях, выполнения учебных заданий преподавателя, ознакомления с основной и дополнительной литературой.

В ходе лекций преподаватель излагает и разъясняет основные, наиболее сложные понятия темы, а также связанные с ней теоретические и практические проблемы, дает рекомендации на практическое занятие и указания на самостоятельную работу.

При подготовке к лекционным занятиям аспирантам необходимо: перед очередной лекцией необходимо просмотреть конспект материала предыдущей лекции. При затруднениях в восприятии материала следует обратиться к основным литературным источникам. Если разобраться в материале опять не удалось, то обратитесь к лектору (по графику его консультаций) или к преподавателю на практических занятиях.

Практические занятия завершают изучение наиболее важных тем учебной дисциплины. Они служат для закрепления изученного материала, развития умений и навыков подготовки докладов, сообщений, приобретения опыта устных публичных выступлений, ведения дискуссии, аргументации и защиты выдвигаемых положений, а также для контроля преподавателем степени подготовленности аспирантов по изучаемой дисциплине.

При подготовке к практическому занятию аспиранты имеют возможность воспользоваться консультациями преподавателя.

При подготовке к практическим занятиям аспирантам необходимо: приносить с собой рекомендованную преподавателем литературу к конкретному занятию;

до очередного практического занятия по рекомендованным литературным источникам проработать теоретический материал, соответствующей темы занятия;

в начале занятий задать преподавателю вопросы по материалу, вызвавшему затруднения в его понимании и освоении при решении задач, заданных для самостоятельного решения;

в ходе семинара давать конкретные, четкие ответы по существу вопросов; на занятии доводить каждую задачу до окончательного решения, демонстрировать понимание проведенных расчетов (анализов, ситуаций), в случае затруднений обращаться к преподавателю.

Аспирантам, пропустившим занятия (независимо от причин), не имеющие письменного решения задач или не подготовившиеся к данному практическому занятию, рекомендуется не позже чем в 2-недельный срок явиться на консультацию к преподавателю и отчитаться по теме, изучавшейся на занятии. Аспиранты, не отчитавшиеся по каждой не проработанной ими на занятиях теме к началу экзаменационной сессии, не допускаются к экзамену.

8. Ресурсное обеспечение дисциплины

8.1. Основная и дополнительная учебная литература, необходимая для освоения дисциплины

а) основная литература:

1. Зубов В. П., Гомзяк В. И. Полимеры для биологии и медицины [Электронный ресурс]: практикум. - Москва: РТУ МИРЭА, 2023. - 62 с. — ISBN: 978-5-7339-1876-1.

2. Бакеева И.В. Эпоксидные олигомеры.: учебно-методическое пособие. Тверской В.А. — М.: МИРЭА, 2024. — 73 с. — ISBN 978-5-7339-2234-8.

3. Зубов В. П., Гомзяк В. И., Серхачева Н. С., Генералова А. Н., Вихров А. А., Жигис Л. С., Филиппова О. Е. Полимеры для биологии и медицины [Электронный ресурс]: практикум. - М.: РТУ МИРЭА, 2023. - — Режим доступа: <http://media:8080/ebooks/20231117/3812.iso>

4. Гервальд А.Ю. Методы исследования полимеров: учебно-методическое пособие / Гервальд А.Ю., Серхачева Н.С., Томс Р.В., Лобанова Н.А., Черникова Е.В., Прокопов Н.И. — М.: Перо, 2021. — 201 с. — ISBN 978-5-00189-369-1.

5. Грицкова И. А., Гомзяк В. И., Ежова А. А. Полимерные микросферы: синтез, свойства и области применения [Электронный ресурс]: учебное пособие. - М.: РТУ МИРЭА, 2022. - — Режим доступа: <http://media:8080/ebooks/20221123/3364.iso>

6. Серхачева Н. С., Прокопов Н. И., Лобанова Н. А. Лабораторные приемы синтеза полимеров методом гетерофазной полимеризации: учебно-методическое пособие. - М.: Перо, 2021. - 131 с.

7. К. А. Киршанов, Р. В. Томс, А. Ю. Гервальд. Практикум по современным способам получения сложных полиэфиров.: учебно-методич. пособие для вузов— М.: Перо, 2022. — 63 с. ISBN 978-5-00204-777-2

8. Ю. Н. Малахова, А. А. Захаревич, Т. Е. Григорьев, С. Н. Чвалун. Физико-химия полимеров и биополимеров.: практикум. — М.: РТУ МИРЭА, 2022. — 41 с.

б) дополнительная литература:

1. Киреев. В. Высокомолекулярные соединения. Киреев В. — М.: ИД ЮРАЙТ, 2013. — 602 с. — ISBN 978-5-9916-2280-6

2. Гомзяк В. И., Крайник И. И., Грицкова И. А. Теоретические основы синтеза полимеров. Радикальная полимеризация [Электронный ресурс]: практикум. - М.: РТУ МИРЭА, 2022. - — Режим доступа: <http://media:8080/ebooks/20221218/3437.iso>

3. Грицкова И. А. Новейшие достижения в гетерофазной полимеризации: учебное пособие. Грицкова И.А., Прокопов Н.И., Левачев С.М., Кедик С.А. — М.: ЗАО ИФТ, 2018. — 352 с. — ISBN 978-5-905057-12-0.

4. Тверской В.А. Химическая модификация полимеров. Полимеры с реакционноспособными функциональными группами: учебное пособие. Тверской В.А. — М.: МИРЭА, 2019. — 72 с. — ISBN 978-5-7339-1530-2.

5. Холмберг К., Поверхностно-активные вещества и полимеры в водных растворах / Холмберг К., Йёнссон Б., Кронберг Б., Линдман Б. — Москва: Лаборатория знаний, 2015. — 531 с. — ISBN: 978-5-9963-1339-6.

6. Гервальд А.Ю., Томс Р.В., Серхачева Н.С., Лобанова Н.А. :Основы лабораторного синтеза полимеров. учебно-методическое пособие. — М.: РТУ МИРЭА, 2019. — 66 с. — ISBN: 032-1-9008-19.

8.2. Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети Интернет, необходимые для освоения дисциплины

1. <http://library.mirea.ru/>

научно-техническая библиотека РТУ МИРЭА

2. <https://e.lanbook.com/>

электронно-библиотечная системы (ЭБС) Издательства «Лань»

3. <http://www.polymer.ru/>

новые технологии переработки пластмасс

4. <https://epolymer.ru/>

портал о полимерах

5. <http://www.fips.ru/>

сайт Федеральной службы по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам

8.3. Информационные технологии, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем:

- пакет офисных программ Microsoft Office;
- пакет офисных программ LibreOffice;
- среда для разработки программного обеспечения Qt Creator 5.6.

8.4. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине

- учебная аудитория;
- компьютерный класс.