

УТВЕРЖДАЮ
Первый проректор, проректор
по УР

_____ А.Е. Рудин

Рабочая программа дисциплины

Б1.О.24

Высокомолекулярные соединения

Учебный план: 2026-2027 04.05.01 ИПХЭ Медицинская химия ОО №3-1-155.plx

Кафедра: **44** Теоретической и прикладной химии

Направление подготовки:
(специальность) 04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия

Профиль подготовки: специализация "Медицинская химия"
(специализация)

Уровень образования: специалитет

Форма обучения: очная

План учебного процесса

Семестр (курс для ЗАО)		Контактная работа обучающихся			Сам. работа	Контроль, час.	Трудоём- кость, ЗЕТ	Форма промежуточной аттестации
		Лекции	Практ. занятия	Лаб. занятия				
6	УП	34	17	34	22,75	0,25	3	Зачет
	РПД	34	17	34	22,75	0,25	3	
Итого	УП	34	17	34	22,75	0,25	3	
	РПД	34	17	34	22,75	0,25	3	

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия, утверждённым приказом Минобрнауки России от 13.07.2017 г. № 652

Составитель (и):

кандидат химических наук, Доцент

Шалыгина В.В.

От кафедры составителя:

Заведующий кафедрой теоретической и прикладной химии

Новоселов Николай
Петрович

От выпускающей кафедры:

Заведующий кафедрой

Новоселов Николай
Петрович

Методический отдел:

1 ВВЕДЕНИЕ К РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЕ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1 Цель дисциплины: Сформировать компетенции обучающегося в области химии высокомолекулярных соединений, позволяющие реализовать закономерности химических процессов и знания свойств полимерных веществ в решении профессиональных задач

1.2 Задачи дисциплины:

рассмотреть основные понятия и термины науки о полимерах, принципы классификации и номенклатуры полимеров; раскрыть особенности молекулярного строения полимеров и их отличие от низкомолекулярных веществ;

рассмотреть основные методы синтеза высокомолекулярных соединений и способы проведения процессов синтеза полимеров.

1.3 Требования к предварительной подготовке обучающегося:

Предварительная подготовка предполагает создание основы для формирования компетенций, указанных в п. 2, при изучении дисциплин:

Органическая химия

Химия гетероциклических соединений

Общая и неорганическая химия

Аналитическая химия

2 КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

ОПК-1: Способен анализировать, интерпретировать и обобщать результаты экспериментальных и расчетно-теоретических работ химической направленности	
Знать: строение и основы синтеза полимеров, взаимосвязь структуры и свойств основных классов полимерных материалов и высокомолекулярных соединений	
Уметь: давать сравнительную оценку свойств полимерных материалов и высокомолекулярных соединений различных классов	
Владеть: навыками синтеза полимерных материалов и высокомолекулярных соединений и их анализа с использованием химических и физико-химических методов	
ОПК-2: Способен проводить химический эксперимент с использованием современного оборудования, соблюдая нормы техники безопасности	
Знать: основные методы синтеза высокомолекулярных соединений с точки зрения кинетики и термодинамики процессов	
Уметь: выполнять необходимые расчеты и оценивать взаимосвязь методов синтеза и превращений полимеров со структурой и свойствами полимерных материалов	
Владеть: навыками проведения эксперимента при работе с полимерами и системами на их основе	

3 СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Наименование и содержание разделов, тем и учебных занятий	Семестр (курс для ЗАО)	Контактная работа			СР (часы)	Форма текущего контроля
		Лек. (часы)	Пр. (часы)	Лаб. (часы)		
Раздел 1. Основные понятия и определения химии высокомолекулярных соединений. Физическая химия полимеров.	6					О
Тема 1. Основные понятия и термины. Структурные формы полимерных молекул. Общая классификация полимеров. Классификация по процессам образования или по происхождению. Реакции образования макромолекул. Молекулярная масса полимеров. Номенклатура полимеров. Лабораторная работа: Свойства, очистка и анализ мономеров. Практическое занятие: Номенклатура полимеров.		2	1	4	2	

Тема 2. Особенности молекулярного строения полимеров. Механизмы гибкости полимерных молекул. Пространственные формы макромолекул. Особенности теплового движения в полимерах. Оценка размеров цепных молекул. Гибкость макромолекул жесткоцепных полимеров. Кинетическая гибкость и факторы, которые ее определяют. Лабораторная работа: Химические методы исследования полимеров и определение состава сополимеров Практическое занятие: Расчетные методы прогнозирования растворимости полимеров.		2	2	4	2	
Тема 3. Растворы полимеров. Особенности свойств растворов полимеров. Химическая природа полимера и его способность к растворению. Термодинамика растворов полимеров. Влияние различных факторов на термодинамику растворения полимеров. Методы определения размеров и формы макромолекул. Лабораторная работа: Физические методы исследования полимеров.		1		6	2	
Тема 4. Фазовые равновесия в растворах полимеров. Теория растворов полимеров. Фазовое равновесие в растворах полимеров. $\square$ - условия. Термодинамика разбавленных растворов полимеров. Практическое занятие: Вычисление молекулярной массы полимеров по физико – химическим характеристикам их растворов.		1	2		2	
Раздел 2. Процессы образования макромолекул. Химические реакции полимеров						Пр
Тема 5. Радикальная полимеризация. Инициирование радикальной полимеризации. Рост и обрыв цепи при радикальной полимеризации. Кинетика радикальной полимеризации в массе. Реакции передачи цепи при радикальной полимеризации. Энергетические и термодинамические характеристики радикальной полимеризации. Радикальная полимеризация при глубоких степенях превращения. Регулирование и ингибирование радикальной полимеризации. Молекулярно – массовое распределение при радикальной полимеризации. Полимеризация мономеров с двумя и более ненасыщенными связями. Радикальная полимеризация в массе, в растворе и в суспензии. Эмульсионная полимеризация. Лабораторная работа: Получение полимеров методом радикальной полимеризации. Практическое занятие: Радикальная полимеризация.		4	2	4	1	
Тема 6. Общие закономерности ионной полимеризации. Анионная полимеризация алкенов. Катионная полимеризация алкеновых мономеров. Ионная полимеризация по карбонильной группе. Ионно – координационная полимеризация. Ионная полимеризация гетероциклов Лабораторная работа: Получение полимеров методом ионной полимеризации. Практическое занятие: Ионная полимеризация.		4	2	4	2	
Тема 7. Цепная сополимеризация. Общие закономерности сополимеризации. Радикальная сополимеризация. Ионная сополимеризация. Лабораторная работа: Получение полимеров методом сополимеризации. Практическое занятие: Сополимеризация. Уравнение состава сополимера		4	4	4	2	

Тема 8. Ступенчатые процессы образования макромолекул. Основные закономерности поликонденсации. Мономеры для поликонденсации. Типы и характер реакций поликонденсации. Стадии поликонденсационных процессов. Методы осуществления поликонденсации. Поликонденсация в расплаве. Поликонденсация в растворе. Эмульсионная поликонденсация. Межфазная поликонденсация. Твердофазная поликонденсация. Лабораторная работа: Получение полимеров методом поликонденсации. Практическое занятие: Поликонденсация.		8	2	4	4	
Тема 9. Полимераналогичные превращения полимеров. Реакционная способность полимеров. Циклизация при полимераналогичных превращениях. Полимераналогичные превращения трехмерных полимеров. Лабораторная работа: Полимераналогичные превращения.		2		4	1	
Тема 10. Реакции деструкции и сшивания макромолекул. Процессы деструкции полимерных молекул. Реакции сшивания макромолекул. Превращения полимеров при нагревании, окислении и действии излучений. Практическое занятие: Полимераналогичные превращения и реакции деструкции полимеров.		2	2		2	
Раздел 3. Физика полимеров						
Тема 11. Особенности упорядоченного состояния полимеров. Мезоморфное состояние веществ. Глобулярные кристаллы полимеров. Лиотропные жидкие кристаллы жесткоцепных полимеров. Кинетика и особенности кристаллизации полимеров. Особенности свойств кристаллических полимеров.		2			1,75	
Тема 12. Физические (релаксационные) состояния полимеров. Природа и особенности высокоэластичности. Методы определения физических состояний полимеров. Стеклообразное и вязкотекучее состояния полимеров.		2			1	
Итого в семестре (на курсе для ЗАО)		34	17	34	22,75	
Консультации и промежуточная аттестация (Зачет)		0,25				
Всего контактная работа и СР по дисциплине		85,25			22,75	

4 КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

Курсовое проектирование учебным планом не предусмотрено

5 БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СИСТЕМА ОЦЕНИВАНИЯ

Использование балльно-рейтинговой системы не предусмотрено.

6. ОПИСАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ, КРИТЕРИЕВ, СИСТЕМЫ И СРЕДСТВ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ

6.1 Показатели оценивания

Код компетенции	Показатели оценивания результатов обучения
ОПК-1	Излагает свойства основных классов высокомолекулярных соединений, их взаимосвязь и методы синтеза
	Анализирует свойства основных классов высокомолекулярных соединений и методы их синтеза
	Анализирует свойства синтезированных высокомолекулярных соединений с использованием химических и физико-химических методов
ОПК-2	Формулирует основные понятия химии высокомолекулярных соединений; описывает основные методы синтеза высокомолекулярных соединений с точки зрения кинетики и термодинамики процессов
	Сопоставляет взаимосвязь методов синтеза и превращений полимеров со структурой и свойствами полимерных материалов
	Проводит синтез, выделение, очистку и анализ полимеров

6.2 Система и критерии оценивания

Шкала оценивания	Критерии оценивания сформированности компетенций	
	Устное собеседование	Письменная работа
Зачтено	Обучающийся выполнил все лабораторные работы, сдал все практические задания. На вопрос преподавателя дает полный ответ.	
Не зачтено	Частично не выполнил лабораторные работы, практические задания. На вопросы преподавателя дает неправильный ответ.	

6.3 Типовые контрольные задания и/или иные материалы, используемые для оценки результатов обучения

6.3.1 Типовые контрольные вопросы

№ п/п	Формулировки вопросов
Семестр 6	
1	Специфические свойства полимеров, отличающие их от низкомолекулярных веществ, причины их проявления.
2	Принципы классификации полимеров. Номенклатура полимеров.
3	Конформационная изомерия макромолекул. Термодинамическая и кинетическая гибкость макромолекулярной цепи.
4	Гибкость макромолекул. Сегмент Куна как количественный критерий гибкости. Примеры гибкоцепных и жесткоцепных полимеров. Экспериментальное определение сегмента Куна.
5	Конфигурация макромолекулы. Типы конфигурационных изомеров на примере полиизопрена.
6	Молекулярно-массовые характеристики полимеров. Причины полидисперсности синтетических полимеров. Среднечисловая, средневесовая и z-средняя молекулярные массы.
7	Молекулярно-массовые характеристики полимеров. Дифференциальные и интегральные функции молекулярно-массового распределения синтетических полимеров.
8	Типы фазовых диаграмм систем «полимер – растворитель». Правило фаз Гиббса. Верхняя и нижняя критические температуры растворения.
9	Осмометрия разбавленных растворов полимеров. Уравнение состояния полимеров в растворе. Определение молекулярной массы полимера с использованием метода осмометрии.
10	Термодинамическое качество растворителя и тета-состояние полимерного раствора.
11	Конформационные превращения макромолекул линейных полиэлектролитов в бессолевых водных растворах в зависимости от pH.
12	Понятие тета-температуры и ее физический смысл. Связь тета-температуры со степенью полимеризации и критической температурой растворения полимеров.
13	Размеры макромолекулярного клубка в хороших, плохих и тета-растворителях. Коэффициент набухания и невозмущенные размеры макромолекул, способы их определения.

14	Вискозиметрия разбавленных растворов полимеров. Относительная, удельная, приведенная и характеристическая вязкости. Концентрационная зависимость приведенной вязкости растворов полимеров.
15	Характеристическая вязкость. Связь характеристической вязкости с молекулярной массой полимера и размерами изолированных макромолекул.
16	Определение молекулярной массы макромолекул с помощью метода вискозиметрии (уравнение Марка-Куна-Хаувинка). Связь параметра «а» в уравнении Марка-Куна-Хаувинка с конформацией макромолекулы.
17	Термодинамика полимеризации. Полимеризационно - деполимеризационное равновесие. Предельная температура полимеризации и равновесная концентрация мономера.
18	Радикальная полимеризация. Элементарные стадии радикальной полимеризации. Примеры мономеров и инициаторов.
19	Кинетика радикальной полимеризации при малых степенях превращения. Влияние температуры на скорость радикальной полимеризации.
20	Длина кинетической и материальной цепи в радикальной полимеризации. Оценка среднечисловой степени полимеризации из кинетических данных.
21	Примеры агентов передачи цепи и ингибиторов, их влияние на скорость полимеризации и молекулярную массу полимеров.
22	Основные виды цепной полимеризации, их сходство и различие.
23	Катионная полимеризация. Элементарные стадии катионной полимеризации. Примеры мономеров и инициаторов.
24	Кинетика катионной полимеризации. Влияние полярности растворителя и температуры на скорость катионной полимеризации.
25	Влияние полярности растворителя, концентрации мономера и инициатора на среднечисловую степень полимеризации полимера в катионной полимеризации.
26	Анионная полимеризация. Элементарные стадии анионной полимеризации. Примеры мономеров и инициаторов.
27	«Живая» анионная полимеризация: кинетика полимеризации и среднечисловая степень полимеризации. Условия синтеза полимеров с узким молекулярно-массовым распределением.
28	Радикальная сополимеризация. Уравнение состава сополимера, константы сополимеризации. Диаграмма состава сополимера.
29	Поликонденсация. Классификация реакций поликонденсации и основные классы конденсационных полимеров.
30	Термодинамика поликонденсации. Реакции внутри- и межмолекулярной циклизации.
31	Равновесная и неравновесная поликонденсация. Примеры реакций.
32	Факторы, влияющие на молекулярно-массовые характеристики конденсационных полимеров.
33	Химические превращения полимеров. Классификация реакций химических превращений и примеры их использования для получения новых полимеров.
34	Полимераналогичные реакции. Эффект соседа.
35	Блок- и привитые сополимеры. Способы их получения и отличия от смесей полимеров.
36	Цепная деструкция по закону случая и деполимеризация. Механизм и продукты.
37	Термоокислительная деструкция. Принципы стабилизации полимеров.
38	Внутримолекулярные реакции. Примеры использования внутримолекулярных реакций для получения полимеров с новыми свойствами.
39	Реакции макромолекул, приводящие к образованию сетчатых полимеров. Примеры.
40	Полиэлектролиты. Классификация полиэлектролитов и основные представители каждого класса. Области применения линейных сетчатых полиэлектролитов.

6.3.2 Типовые тестовые задания

не предусмотрено

6.3.3 Типовые практико-ориентированные задания (задачи, кейсы)

1. Для инициирования радикальной полимеризации в растворе необходимо получить $1,5 \cdot 10^{15}$ радикалов в 1 мл реакционной смеси в 1 с. Сколько для этого потребуется перекиси лауроила, если эффективность инициирования 0,5, а константа скорости распада инициатора при температуре полимеризации $6,0 \cdot 10^{-4}$ с⁻¹?
2. Константы скорости распада дициклогексилпероксидикарбоната при 50 и 60 °C равны соответственно $8,46 \cdot 10^{-5}$ и $34,8 \cdot 10^{-5}$ с⁻¹. Вычислите значение этой константы, энтальпию и энтропию активации реакции при 40 °C.
3. Вычислите, в какой степени следует разбавить растворителем реакционную смесь при радикальной полимеризации, чтобы начальная скорость реакции уменьшилась на 27%. Как при этом изменится длина кинетической цепи? Допускается, что растворитель инертен.
4. Вычислите начальную скорость полимеризации 0,5 М раствора стирола в тетрагидрофуране ($k_p=550$ л*моль⁻¹*с⁻¹) в присутствии натрий-нафталина, концентрация которого $1,25 \cdot 10^{-5}$ М. Определите значения среднечисловых и среднемолекулярных масс при степенях превращения 1, 50 и 100%. Инициирование «быстрое», обрыва цепи нет.
5. Вычислите сколько требуется 10%-го (мол.) раствора алкоголята натрия в соответствующем спирте для получения полиалкиленоксида со среднечисловой степенью полимеризации 80, если степень превращения мономера составляет 0,9. Допускается, что обрыв и передача цепи на мономер не имеют места. Полученная реакционная смесь не содержит исходного алкоголята. Равновесие реакции обмена между растущей цепью и спиртом практически полностью смещено вправо.

6.4 Методические материалы, определяющие процедуры оценивания результатов обучения

6.4.1 Условия допуска обучающегося к промежуточной аттестации и порядок ликвидации академической задолженности

Проведение промежуточной аттестации регламентировано локальным нормативным актом СПбГУПТД «Положение о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся»

6.4.2 Форма проведения промежуточной аттестации по дисциплине

Устная ☐ + Письменная ☐ Компьютерное тестирование ☐ Иная ☐

6.4.3 Особенности проведения промежуточной аттестации по дисциплине

- Возможность пользоваться справочными таблицами, калькулятором;
- Время на подготовку ответа 45 минут.

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

7.1 Учебная литература

Автор	Заглавие	Издательство	Год издания	Ссылка
7.1.1 Основная учебная литература				
Акаева, М. М.	Физика полимеров	Грозный: Чеченский государственный университет	2019	https://www.iprbooks.hop.ru/107288.html
Санникова, Н. Ю., Власова, Л. А., Никулин, С. С., Пугачева, И. Н.	Теоретические основы синтеза высокомолекулярных соединений	Воронеж: Воронежский государственный университет инженерных технологий	2020	http://www.iprbookshop.ru/106452.html
Нейн, Ю. И., Ельцов, О. С., Костерина, М. Ф., Глухаревой, Т. В.	Химия и технология высокомолекулярных соединений	Екатеринбург: Издательство Уральского университета	2018	http://www.iprbookshop.ru/106548.html
7.1.2 Дополнительная учебная литература				
Вахонина, Т. А., Мочалова, Е. Н.	Химия высокомолекулярных соединений	Казань: Казанский национальный исследовательский технологический университет	2016	http://www.iprbookshop.ru/63547.html
Лысенко А.А., Кузнецов А.Ю.	Методы исследования наноструктурных полимерных материалов	СПб.: СПбГУПТД	2017	http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=2017627
Васильев М.П. Кузнецов А.Ю.	Наноструктурные полимерные материалы	СПб.: СПбГУПТД	2017	http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=2017626

7.2 Перечень профессиональных баз данных и информационно-справочных систем

1. Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» [Электронный ресурс]. URL:<http://window.edu.ru/>.
2. Электронно-библиотечная система IPRbooks: <http://www.iprbookshop.ru>
3. Электронная библиотека учебных изданий СПбГУПТД: <http://publish.sutd.ru>
4. Единый портал интернет тестирования в сфере образования [Электронный ресурс]. URL:<http://www.i-exam.ru/>.
5. Материалы Информационно-образовательной среды заочной формы обучения СПбГУПТД [Электронный ресурс]. URL:http://sutd.ru/studentam/extramural_student/.

7.3 Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения

MicrosoftOfficeProfessional

Microsoft Windows

7.4 Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Занятия со студентами проводятся в специализированных помещениях кафедры - лекционных и учебных аудиториях; лаборатории, оборудованной специализированной мебелью испытательным и измерительным оборудованием, компьютером.

Аудитория	Оснащение
Лекционная аудитория	Мультимедийное оборудование, специализированная мебель, доска
Учебная аудитория	Специализированная мебель, доска