

БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ

Ректор Белорусского
государственного университета

А.Д.Король

27 июня 2025 г.

Регистрационный №УД- 14012/уч.



**ГИДРОГЕЛИ НА ОСНОВЕ СИНТЕТИЧЕСКИХ И ПРИРОДНЫХ
ПОЛИМЕРОВ**

Учебная программа учреждения образования по учебной дисциплине для
специальности:

1-31 05-01 Химия (по направлениям)

Направление специальности:

1-31 05-01-03 Химия (фармацевтическая деятельность)

2025 г.

Учебная программа составлена на основе ОСВО 1-31 05 01-2021, учебного плана № G-31-1-233/уч. от 22.03.2022.

СОСТАВИТЕЛЬ:

Фомина Елена Константиновна, доцент кафедры высокомолекулярных соединений химического факультета Белорусского государственного университета, кандидат химических наук.

РЕЦЕНЗЕНТ:

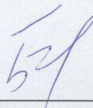
Гринюк Евгений Валерьевич, директор Учреждения Белорусского государственного университета «Научно-исследовательский институт физико-химических проблем», кандидат химических наук, доцент.

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

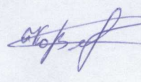
Кафедрой высокомолекулярных соединений БГУ
(протокол № 13 от 19.06.2025)

Научно-методическим советом БГУ
(протокол № 11 от 26.06.2025)

Заведующий кафедрой



А.С.Боковец



И.В.Коваловский-Рабинович

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Цели и задачи учебной дисциплины

Цель учебной дисциплины «Гидрогели на основе синтетических и природных полимеров» заключается в изучении способов получения гидрогелей на основе синтетических и природных полимеров, механизмов формирования сетчатой структуры макромолекул за счет физических или химических взаимодействий, влияния изменения конфигурации цепи, параметров полимерной сетки на водопоглощающие и реологические свойства гидрогелей, определяющие их применение в области регенеративной медицины, в качестве матриц-носителей для лекарственных и агрохимических препаратов, а также сорбентов, биоцидных покрытий, структурообразователей почвы.

Задачи учебной дисциплины:

1. обозначить основные области применения гидрогелей на основе синтетических и природных полимеров;
2. научить студентов конструировать гидрогель с нужными свойствами в зависимости от сферы его использования;
3. изучить основные способы формирования трехмерной «сетчатой» структуры макромолекул посредством физического или химического сшивания;
4. предоставить современные научные данные о наиболее востребованных в настоящее время стимул-чувствительных «умных» гидрогелях, наногелях, нанокомпозитах на основе гидрогелей;
5. показать влияние параметров полимерной сетки (плотности «сшивания», функциональности узлов полимерной сетки, молекулярной массы участка цепи между узлами сетки), доли «связанной» и «свободной» воды, пористости гидрогеля на его водопоглощающие и реологические свойства.

Место учебной дисциплины в системе подготовки специалиста с высшим образованием. Учебная дисциплина относится к дисциплинам специализации компонента учреждения высшего образования.

Учебная программа составлена с учетом межпредметных связей и программ по дисциплинам: «Высокомолекулярные соединения», «Коллоидная химия».

Требования к компетенциям

Освоение учебной дисциплины «Гидрогели на основе синтетических и природных полимеров» должно обеспечить формирование следующих компетенций:

Специализированные компетенции:

Применять химические, физико-химические, био- и наноаналитические методы для анализа биологических объектов и биологически активных соединений, оценки качества фармацевтических продуктов, решения производственных и экспертных задач в области фармацевтического анализа.

Разрабатывать методические подходы к направленному синтезу и модификации биологически активных соединений с использованием химических, биохимических, биотехнологических операций.

В результате освоения учебной дисциплины студент должен:

знать:

- примеры наиболее широко применяемых для получения гидрогелей природных и синтетических полимеров;
- способы классификации гидрогелей;
- методы химического и физического сшивания макромолекул;
- основные классы полиэлектролитов и гидрогелей на их основе;
- способы получения интерполиэлектролитных комплексов и регулирования их устойчивости;
- методы получения стимул-чувствительных («умных») гидрогелей для их использования в биомедицине;
- основные характеристики сетчатой структуры макромолекул;
- влияние гибкости цепи сшитого полимера, плотности сшивок, функциональности узлов полимерной сетки, концентрации и природы сшивающего агента, pH и ионной силы раствора на степень набухания полиэлектролитного гидрогеля.

уметь:

- определять степень набухания и величину гель-фракции гелей;
- определять параметры сетчатой структуры макромолекул в полимерном гидрогеле: молекулярную массу отрезка цепи между узлами сетки, степень сшивания макромолекул;
- рассчитывать радиационно-химический выход сшивания макромолекул и устанавливать начальную дозу гелеобразования при радиационно-химическом способе получении гидрогелей.

владеть:

- навыками работы с оригинальной литературой в области химии высокомолекулярных соединений;
- современными методами обработки экспериментальных данных.

Структура учебной дисциплины

Дисциплина изучается в 7 семестре. В соответствии с учебным планом всего на изучение учебной дисциплины «Гидрогели на основе синтетических и природных полимеров» отведено для **очной формы** получения высшего образования – 102 часа, в том числе 54 аудиторных часа, лекции – 18 часов, лабораторные занятия – 12 часов, практические занятия – 6 часов, семинарские занятия – 18 часов. **Из них:**

– лекции – 18 часов, семинарские занятия – 10 часов + 4 часа ДОТ, управляемая самостоятельная работа (УСР) – 4 часа, практические занятия – 6 часов, лабораторные занятия – 12 часов.

Трудоемкость учебной дисциплины составляет 3 зачетные единицы.

Форма промежуточной аттестации – зачет.

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

Раздел 1 Гидрогели. Терминология. Классификация

Тема 1.1 Гидрогели. Терминология. Классификация

Возникновение термина гидрогель. Различия в терминах гидрогель и студень. Интерпретация термина гидрогель, предложенная советскими и российскими химиками Папковым С.П. и Щукиным Е.Д. Органогели. Ксерогели. Гидрогели на основе неорганических (силикагели, алюмогели) и органических полимеров. Классификация гидрогелей по: размеру частиц (макро, микро- и наногели), происхождению полимера, природе связи между макромолекулами, электрическому заряду цепей, способности к биodeградации, степени реакции на воздействие окружающей среды (температура, pH, ионная сила раствора, магнитное и электрическое поле, химические реагенты (глюкоза, ферменты и др.), воздействие света с определенной длиной волны). Классификация по выполняемым функциям: гидрогели *in situ*, молекулярно импринтированные гидрогели, наногидрогели и пористые гидрогели. Мультичувствительные гидрогели. Наноккомпозиты на основе макрогелей.

Раздел 2 Физическое сшивание природных и синтетических полимеров

Тема 2.1 Физическое сшивание природных и синтетических полимеров

Основные представители природных полимеров, используемые для получения гидрогелей. Классификация гидрогелей на основе природных полимеров. Полисахариды растительного происхождения. Целлюлоза. Крахмал (амилоза и амилопектин). Лигнин. Инулин. Гуаровая камедь. Альгиновая кислота и ее соли. Полисахариды животного происхождения. Хитин и хитозан. Ксантановые камеди. Гиалуроновая кислота. Природные полимеры на основе белков. Коллаген и желатин.

Гидрогели на основе полисахаридов и полипептидов. Нейтральные, анионные, катионные, амфотерные, цвиттер-ионные гидрогели. Классификация гидрогелей по агрегатному состоянию (твердые, полутвердые, жидкие), по фазовому состоянию (кристаллические, аморфные, полукристаллические). Гидрогели на основе гомополимеров, сополимеров. Полупроницающие полимерные сети, взаимопроникающие полимерные сети.

Достоинства и недостатки гидрогелей на основе коллагена. Золь-гель переходы желатина под воздействием температуры. Гели на основе фиброина шелка.

Гидрогели на основе полисахаридов (гиалуроновой кислоты, хитозана, декстрана, целлюлозы и ее производных). Способы получения, свойства и области применения.

Синтетические полимеры, наиболее часто используемые для получения гидрогелей. Достоинства и недостатки гидрогелей на основе синтетических полимеров. Ионогенные и неионогенные синтетические полимеры и

сополимеры. Поливиниловый спирт. Полиакриламид. Полиакриловая кислота. Поливинилпирролидон. Поли-N-изопропилакриламид. Полиэтиленгликоль. Полигидроксиэтилакрилат. Гидрогели на основе поливинилового спирта. Гидрогели на основе функционализированных полиакриламидов.

Способы получения полимерных гидрогелей посредством физического сшивания макромолекул. Кристаллизация при многократном замораживании-оттаивании, образование стереокомплексов между полимерами противоположной хиральности, ионные взаимодействия, водородные связи, термоиндуцированная агрегация, гидрофобные взаимодействия. Интерполимерные комплексы.

Раздел 3 Химическое сшивание природных и синтетических полимеров

Тема 3.1 Способы получения полимерных гидрогелей посредством химического сшивания макромолекул

Способы получения гидрогелей природных полимеров посредством химического сшивания (сшивание функциональных групп полимеров альдегидами, дигидразидами с образованием оснований Шиффа; реакции присоединения по Михаэлю между нуклеофильными и электрофильными функциональными группами; сшивание по реакции конденсации; сшивание по механизму свободно-радикальных реакций, ультрафиолетового и радиационного инициирования; сшивание ферментами). Модифицирование макромолекул с целью введения альдегидных и аминогрупп. Использование сшивающих агентов (глутаральдегид, полиэтиленгликоль-диальдегид, ванилин) для сшивания природных полимеров, содержащих гидроксильные и аминогруппы. Эпоксидное присоединение. Реакции клик-химии. Реакции конденсации. Сшивание природных полимеров генипином, этерификацией на основе карбоновых кислот. Ферментативное сшивание коллагена и желатина.

Получение гидрогелей на основе привитых сополимеров белка с акриловыми мономерами методом свободно-радикальной полимеризации.

Способы получения привитых сополимеров природных полимеров с акриловыми и виниловыми мономерами по механизмам радикальной и ионной сополимеризации, прививка по реакциям поликонденсации. Получение гибридных гидрогелей на основе привитых сополимеров.

Раздел 4 Основные физико-химические свойства гидрогелей

Тема 4.1 Водопоглощающие, реологические и механические свойства полимерных гидрогелей

Взаимосвязь микроструктуры со свойствами гидрогелей. Степень набухания. Методы определения степени набухания. Величина гель-фракции. Доля «связанной» и «свободной» воды в гидрогеле и методы ее определения.

Реологические и механические свойства полимерных гидрогелей. Изучение реологических свойств гидрогелей. Комплексный модуль. Модуль накоплений и модуль потерь. Вязкоупругость и микроструктура гидрогелей.

Испытания на растяжение, сжатие, изгиб, разрыв. Ползучесть. Динамический механический анализ.

Метод малоуглового рентгеновского рассеяния. Особенности флуоресцентного поведения гидрогелей. Электрические характеристики гидрогелей.

Тема 4.2 Методы определения параметров полимерной сетки

Золь-гель анализ. Измерение равновесного набухания. Измерение зависимости «деформация-напряжение». Измерение релаксации напряжения. Плотность «сшивок». Молекулярная масса участка цепи между узлами сетки. Пористость гидрогелей.

Раздел 5 Применение гидрогелей на основе природных и синтетических полимеров

Тема 5.1 Области применения полимерных гидрогелей. Применение гидрогелей для биомедицины. Наногели

Применение гидрогелей для биомедицины (раневые повязки, матрицы для контролируемого высвобождения лекарственных препаратов, тканевая инженерия); для сельского хозяйства (структурообразователи почв, адресная доставка пестицидов и удобрений). Применение гидрогелей на основе природных полимеров при проведении электро-, рео- и эхографических исследований; для создания стоматологических пленок анестезирующего, антимикробного, гемостатического действия; при получении протезов сосудов; при терапии наружных поражений; в качестве материалов для контактных линз, эндопротезов, хирургических повязок, биорастворимых носителей, обеспечивающих контролируемый ввод лекарственных препаратов.

Гидрогели в технологиях разделения и концентрирования (сорбенты для тяжелых металлов, красителей). Гидрогели в качестве средств гигиены, загущающих и увлажняющих добавок в косметических препаратах и пищевой промышленности.

Наногели. Наноккомпозиты на основе гидрогелей.

Раздел 6 Полиэлектролиты и полиэлектролитные гидрогели на их основе

Тема 6.1 Классификация полиэлектролитов. Термодинамика водных растворов полиэлектролитов. Ионизационные равновесия в водных растворах полиэлектролитов

Классификация полиэлектролитов по природе заряженной группы, по способу получения, по геометрической структуре (топологии). Примеры поликислот и полиоснований. Полисоли. Дендритные и сверхразветвленные полиэлектролиты. Привитые полимеры (гребни, щетки, звезды, сферические щетки). Амфифильные блок-сополимеры и полиамфолиты. Сильносшитые и слабосшитые полиэлектролитные гидрогели. Получение полиэлектролитов радикальной, катионной, анионной полимеризацией, радиационной полимеризацией и модификацией. Полиамфолиты. Звездообразные,

разветвленные и дендримерные полиэлектролиты. Растворимость полиамфолитов в изоэлектрической точке. Способы повышения растворимости полиамфолитов. Отличие свойств амфифильных блок-сополимеров и полиамфолитов от свойств гомоцепных линейных полиэлектролитов. Полиэлектролитный, осмотический, квазинейтральный режимы полимерной звезды в бессолевом растворе. Влияние добавок низкомолекулярной соли на размер полиэлектролитной звезды. Применение дендримерных полиэлектролитов в медицине.

Термодинамика водных растворов полиэлектролитов. Ионизационные равновесия в водных растворах полиэлектролитов. Водный и водно-солевой растворы полиэлектролитов. Эффект Доннана. Ионизационные равновесия в водных растворах полиэлектролитов. Конформационные превращения полиэлектролитов в растворах.

Тема 6.2 Интерполиэлектролитные комплексы (ИПЭК). Применение полиэлектролитов и гидрогелей на их основе. Стимул-чувствительные «умные» полимерные гидрогели

Нестехиометричные и стехиометричные ИПЭК. Степень превращения ИПЭК. Растворимость ИПЭК. Полиэлектролит-хозяин, полиэлектролит-гость. Реакции полиэлектролитного обмена и замещения. Способы получения нестехиометричных ИПЭК. Превращения интерполиэлектролитных комплексов в солевых растворах. Структура и механические свойства интерполиэлектролитных комплексов в твердом состоянии.

Применение полиэлектролитов и гидрогелей на их основе. Доставка биологически активных веществ. Исторический экскурс по развитию полимерных систем адресной доставки лекарств. Химический и физический способ высвобождения лекарства из полимерного контейнера.

Биоцидные покрытия. Стабилизаторы почв и грунтов. Очистка сточных и бытовых вод.

Получение и применение «умных» гидрогелей, чувствительных к изменению температуры, pH, ионной силы раствора, магнитного и электрического поля, к действию химических реагентов или световой волны.

Раздел 7 Радиационное сшивание полимеров

Тема 7.1 Радиационное сшивание полимеров в твердом агрегатном состоянии. Радиационное сшивание полимеров в растворах

Формирование трехмерной структуры макромолекул под действием ионизирующего излучения как способ модифицирования полимерных материалов. Изменение физико-химических свойств полимерных материалов при сшивании. Методы определения эффективности радиационно-химического сшивания полимеров и их ограничения. Радиационно-химический выход сшивания, доза гелеобразования, индекс сшивания, степень сшивания. Количественная оценка процессов сшивания и деструкции при их одновременном протекании (уравнение Чарлзби-Пиннера). Влияние надмолекулярной структуры полимера на процессы радиационного сшивания.

Сенсибилизаторы радиационного сшивания. Механизм действия сенсибилизаторов.

Радиационное сшивание полимеров в растворах. Влияние природы растворителя на эффективность формирования трехмерной структуры полимера. Особенности радиационного сшивания макромолекул в водных растворах. Радиационное сшивание полиэлектролитов. Получение и свойства полиэлектролитных гидрогелей.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Очная (дневная) форма получения высшего образования с применением дистанционных образовательных технологий
(ДОТ)

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов					Количество часов УСР	Форма контроля
		Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные занятия	Иное		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
	ГИДРОГЕЛИ НА ОСНОВЕ СИНТЕТИЧЕСКИХ И ПРИРОДНЫХ ПОЛИМЕРОВ	18	6	10 + 4 (ДОТ)	12		4	
1	Гидрогели. Терминология. Классификация							
1.1	Гидрогели. Терминология. Классификация	2		2 (ДОТ)				Тест
2	Физическое сшивание природных и синтетических полимеров							
2.1	Физическое сшивание природных и синтетических полимеров	2	2	2			2	Тест Устный опрос Индивидуальный ответ (эссе)
3	Химическое сшивание природных и синтетических полимеров							
3.1	Способы получения полимерных гидрогелей посредством химического сшивания макромолекул	2	2		6			Тест Письменный отчет по лабораторной работе
4	Основные физико-химические свойства гидрогелей							
4.1	Водопоглощающие, реологические и механические свойства полимерных	2		2				Устный опрос

	гидрогелей							
4.2	Методы определения параметров полимерной сетки	2	2					Контрольная работа
5	Применение гидрогелей на основе природных и синтетических полимеров							
5.1	Области применения полимерных гидрогелей. Применение гидрогелей для биомедицины. Наногели.	2		2				Устный опрос
6	Полиэлектролиты и полиэлектролитные гидрогели на их основе							
6.1	Классификация полиэлектролитов. Термодинамика водных растворов полиэлектролитов. Ионизационные равновесия в водных растворах полиэлектролитов	2		2 (ДОТ)				Тест
6.2	Интерполиэлектролитные комплексы. Применение полиэлектролитов и гидрогелей на их основе. Стимул-чувствительные «умные» полимерные гидрогели	2		2	6			Устный опрос Письменный отчет по лабораторной работе
7	Радиационное сшивание полимеров							
7.1	Радиационное сшивание полимеров в твердом агрегатном состоянии. Радиационное сшивание полимеров в растворах	2		2			2	Устный опрос Индивидуальный ответ (эссе)

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Основная литература

1. Шишонок, М.В. Модификация полимеров: учебник / М.В. Шишонок. – Минск: Адукацыя і выхаванне. 2024. – 328 с.
2. Шишонок, М.В. Полимерные материалы медицинского назначения: учебное пособие / М.В. Шишонок. – Минск: РИВШ, 2018. – 272 с.
3. Шишонок, М.В. Современные полимерные материалы: учебное пособие / М.В. Шишонок. – Минск: Вышэйшая школа, 2017. – 278 с.

Дополнительная литература

1. Жилияков, А.В. Современные гидрогелевые материалы для внутрисуставного лечения остеоартрита: научный справочник / А.В. Жилияков, С.А. Чернядьев, Е.А. Волокитина [и др.]; под общ. ред. А.В. Пестова; М-во здравоохранения РФ, Урал. гос. мед. ун-т. – Екатеринбург : УГМУ, 2024. 138 с.
2. Фомина, Ю.С. Биосовместимые гидрогели на основе биоразлагаемых полиэфиров и их сополимеров / Ю.С. Фомина, А.С. Семкина, Ю.Д. Загоскин [и др.] // Коллоидный журнал. – 2023. – Том 85, № 5. – С. 682–704. DOI:10.31857/S0023291223600554, EDN: ZAFXKE.
3. Артюхов, А.А. Сшитые гидрогели поливинилового спирта и их биомедицинское применение: дис. ... доктор хим. наук / А.А. Артюхов. Москва, 2017. 307 с. Режим доступа: https://diss.muctr.ru/media/dissertations/2017/02/Artyukhov_dissertation_inet.pdf
4. Филиппова, О.Е. «Умные» полимерные гели / О.Е. Филиппова // Высокомолекулярные соединения. Серия Б. – 2000. – Т. 32, № 9. – С. 1368–1372.
5. Павлюченко, В.Н. Композиционные полимерные гидрогели / В.Н. Павлюченко, С.С. Иванчев // Высокомолекулярные соединения, Серия А. – 2009. – Т. 51, № 7. – С. 1075–1095.
6. Ali, F. Emerging Fabrication Strategies of Hydrogels and Its Applications / F. Ali, I. Khan, J. Chen [et al.] // Gels. – 2022. – Vol. 8, № 4. – P. 205–244. DOI:10.3390/gels8040205
7. Guimarães, C.F. Engineering Hydrogel-Based Biomedical Photonics: Design, Fabrication, and Applications / C.F. Guimarães, R. Ahmed, A.P. Marques [et al.] // Adv. Mater. – 2021. – Vol. 33, № 23. – P. 2006582(1)–2006582(25). DOI: 10.1002/adma.202006582
8. Tanveer, H. Multifunctional hydrogels for biomedical applications / H. Tanveer, A. Sarfraz, A. Fatima, S. Sarwar // Nano Biomedicine and Engineering. – 2024. – Vol. 16, № 4. – P. 558–573. DOI: [10.26599/NBE.2024.9290094](https://doi.org/10.26599/NBE.2024.9290094)
9. Yin, Y. Nanogel: A Versatile Nano-Delivery System for Biomedical Applications / Y. Yin, B. Hu, X. Yuan [et al.] // Pharmaceutics. – 2020. – Vol. 12, № 3. – P. 290. DOI: 10.3390/pharmaceutics12030290.

10. Slaughter, B.V. Hydrogels in Regenerative Medicine / B.V. Slaughter, S.S. Khurshid, O.Z. Fisher, A. Khademhosseini, N.A. Peppas // Adv Mater. – 2009. – Vol. 21. – P. 3307–3329. DOI: 10.1002/adma.200802106.

Перечень рекомендуемых средств диагностики и методика формирования итоговой отметки

Объектом диагностики компетенций студентов являются знания, умения, полученные ими в результате изучения учебной дисциплины. Выявление учебных достижений студентов осуществляется с помощью мероприятий текущего контроля и промежуточной аттестации.

Для диагностики компетенций будут использоваться следующие средства текущего контроля: устный опрос; контрольная работа; тест, письменный отчет по лабораторной работе; эссе.

Формой промежуточной аттестации по дисциплине «Гидрогели на основе синтетических и природных полимеров» учебным планом предусмотрен зачет.

Примерный перечень заданий для управляемой самостоятельной работы

Тема 2.1. Физическое сшивание природных и синтетических полимеров (2 часа).

Рассмотреть наиболее широко используемые способы физического сшивания макромолекул: кристаллизация при многократном замораживании-оттаивании, образование стереокомплексов между полимерами противоположной хиральности, ионные взаимодействия, водородные связи, термоиндуцированная агрегация, гидрофобные взаимодействия, образование интерполимерных комплексов.

Задание: Привести конкретные примеры применения в биомедицине гидрогелей, полученных из природных и синтетических полимеров посредством формирования физических связей между макромолекулами. Охарактеризовать механические свойства гидрогелей на основе физически сшитых макромолекул.

Форма контроля – защита эссе, сопровождающаяся представлением мультимедийной презентации.

Тема 7.1. Радиационное сшивание полимеров в твердом агрегатном состоянии (2 часа).

Формирование трехмерной структуры макромолекул под действием ионизирующего излучения как наиболее распространенный способ модифицирования полимерных материалов.

Задание. На примере конкретных полимеров показать изменение физико-химических свойств полимерных материалов при сшивании. Охарактеризовать методы определения эффективности радиационно-химического сшивания полимеров и их ограничения. Описать влияние надмолекулярной структуры полимера на процессы радиационного сшивания.

Форма контроля – защита эссе, сопровождающаяся представлением мультимедийной презентации.

Примерный перечень лабораторных занятий

Лабораторная работа № 1. Определение кинетики гелеобразования при сшивании макромолекул хитозана глутаровым альдегидом в водно-уксуснокислых растворах.

Лабораторная работа № 2. Сшивание сополимера акриламида с акрилатом натрия в водном растворе продуктами термического разложения персульфата аммония. Определение влияния концентрации раствора полимера, содержания сшивающего агента и продолжительности сшивания на степень набухания и величину гель-фракции полученных гидрогелей.

Примерная тематика семинарских занятий

Занятие № 1 (ДО). Гидрогели. Терминология. Классификация.

Занятие № 2. Физическое сшивание природных и синтетических полимеров.

Занятие № 3. Водопоглощающие, реологические и механические свойства полимерных гидрогелей.

Занятие № 4. Области применения полимерных гидрогелей. Применение гидрогелей для биомедицины. Наногели.

Занятие № 5 (ДО). Классификация полиэлектролитов. Термодинамика водных растворов полиэлектролитов. Ионизационные равновесия в водных растворах полиэлектролитов.

Занятие № 6. Интерполиэлектролитные комплексы. Применение полиэлектролитов и гидрогелей на их основе. Стимул-чувствительные «умные» полимерные гидрогели.

Занятие № 7. Радиационное сшивание полимеров в твердом агрегатном состоянии. Радиационное сшивание полимеров в растворах.

Примерная тематика практических занятий

Занятие № 1. Физическое сшивание природных и синтетических полимеров.

Занятие № 2. Способы получения полимерных гидрогелей посредством химического сшивания макромолекул.

Занятие № 3. Методы определения параметров полимерной сетки.

Описание инновационных подходов и методов к преподаванию учебной дисциплины

При организации образовательного процесса используются:

методы и приемы развития критического мышления, которые представляют собой систему, формирующую навыки работы с информацией в процессе чтения и письма; понимании информации как отправного, а не конечного пункта критического мышления.

метод учебной дискуссии, который предполагает участие студентов в целенаправленном обмене мнениями, идеями для предъявления и/или согласования существующих позиций по определенной проблеме. Использование метода обеспечивает появление нового уровня понимания изучаемой темы, применение знаний (теорий, концепций) при решении проблем, определение способов их решения.

Методические рекомендации по организации самостоятельной работы

Для организации самостоятельной работы необходимо:

1. Разработка и составление банка групповых или индивидуальных заданий; пояснение основных требований к их выполнению.

2. Наличие методических указаний по проведению лабораторных работ.

Использование современных информационных технологий: размещение в сетевом доступе комплекса учебных и учебно-методических материалов (программы учебной дисциплины, заданий в тестовой форме, список рекомендуемой литературы).

Примерный перечень вопросов к зачету

1. Дайте определение термину «гидрогель».
2. По каким признакам классифицируют гидрогели?
3. Приведите примеры систем высокомолекулярных соединений с добавками низкомолекулярных веществ, в которых происходит физическое сшивание макромолекул.
4. Классифицируйте гидрогели по: размеру частиц, происхождению полимера, природе связи между макромолекулами, по электрическому заряду цепей.
5. Приведите названия и структурные формулы биополимеров, которые наиболее часто применяют для получения гидрогелей на их основе.
6. Приведите примеры сильных и слабых поликислот, а также сильных и слабых полиоснований, которые могут подвергаться сшиванию с целью получения гидрогелей.
7. Что значит термин «умные» гидрогели?
8. Приведите примеры рН-чувствительных полимерных гидрогелей. Как меняется конформация цепи полимера при переходе из кислой в щелочную среду в каждом конкретном случае?

9. Приведите примеры термочувствительных полимерных гидрогелей. Как меняется конформация цепи полимера при достижении нижней критической температуры растворения (НКТР) или верхней критической температуры растворения (ВКТР)?

10. Каковы области применения гидрогелей?

11. В каких областях применяются гидрогели на основе природных полимеров? Приведите конкретные примеры.

12. В каких областях применяются гидрогели на основе синтетических полимеров? Приведите конкретные примеры.

13. Какие достоинства и недостатки имеют гидрогели на основе природных и синтетических полимеров? Что означает термин «гибридные» полимерные материалы и гидрогели на их основе?

14. Полиэлектролиты. Водный и водно-солевой растворы полиэлектролитов. Эффект Доннана.

15. Методы физического сшивания природных полимеров. Гидрофобные взаимодействия. Зарядовые взаимодействия. Полиэлектролитные комплексы. Водородные связи. Стереоккомплексы. Приведите конкретные примеры.

16. Ионизационные равновесия в водных растворах полиэлектролитов. Конформационные превращения полиэлектролитов в растворах.

17. Интерполиэлектролитные комплексы (ИПЭК). Нестехиометричные и стехиометричные ИПЭК. Степень превращения ИПЭК.

18. Растворимость интерполиэлектролитных комплексов. Полиэлектролит-хозяин, полиэлектролит-гость. Реакции полиэлектролитного обмена и замещения. Способы получения нестехиометричных ИПЭК.

19. Превращения интерполиэлектролитных комплексов в солевых растворах. Структура и механические свойства интерполиэлектролитных комплексов в твердом состоянии.

20. Растворимость полиамфолитов в изоэлектрической точке. Способы повышения растворимости полиамфолитов.

21. Химическое сшивание природных полимеров. Химические реакции сшивания с образованием оснований Шиффа между полимерами, содержащими аминную и альдегидную группу.

22. Химическое сшивание природных полимеров. Использование сшивающих агентов (глутаральдегид, полиэтиленгликоль-диальдегид, ванилин) для сшивания природных полимеров, содержащих гидроксильные и аминогруппы.

23. Химическое сшивание природных полимеров. Эпоксидное присоединение.

24. Химическое сшивание природных полимеров. Сшивание природных полимеров генипином.

25. Методы исследования гидрогелей. Величина гель-фракции. Определение степени набухания.

26. Взаимосвязь микроструктуры со свойствами гидрогелей. Методы определения параметров полимерной сетки. Плотность «сшивков». Молекулярная масса участка цепи между узлами сетки.

27. Механические свойства гидрогелей. Испытания на растяжение, сжатие, изгиб, разрыв.

28. Реологические свойства гидрогелей. Вязкоупругость и микроструктура гидрогелей.

29. Радиационное сшивание полимеров. Уравнение Чарлзби-Пиннера.

30. Радиационное сшивание полимеров в растворе.

ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ УО

Название учебной дисциплины, с которой требуется согласование	Название кафедры	Предложения об изменениях в содержании учебной программы учреждения высшего образования по учебной дисциплине	Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола)
Учебная дисциплина не требует согласования			

Заведующий кафедрой
высокомолекулярных соединений
кандидат химических наук



А.С.Боковец

19 июня 2025 г.

ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ К УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЕ УО

на ____/____ учебный год

№ п/п	Дополнения и изменения	Основание

Учебная программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры
_____ (протокол № ____ от _____ 202_ г.)

Заведующий кафедрой

УТВЕРЖДАЮ
Декан факультета
