

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Смирнов Сергей Николаевич  
Должность: врио ректора  
Дата подписания: 14.07.2025 15:28:07  
Уникальный программный ключ:  
69e375c64f7e975d4e8830e7b4fcc2ad1bf35f08

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
**ФГБОУ ВО «ТВЕРСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Утверждаю:

Руководитель ООП

Феофанова М.А.

14 мая 2025г.



Рабочая программа дисциплины

**Введение в медицинскую и супрамолекулярную  
ХИМИЮ**

Закреплена за кафедрой:	<b>Физической химии</b>
Направление подготовки:	<b>04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия</b>
Направленность (профиль):	<b>Экспертная и медицинская химия: теория и практика.</b>
Квалификация:	<b>Химик. Преподаватель химии</b>
Форма обучения:	<b>очная</b>
Семестр:	<b>6</b>

Программу составил(и):

*канд. хим. наук, доц., Вишневецкий Дмитрий Викторович*

Тверь, 2025

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

### Цели освоения дисциплины (модуля):

Содержание дисциплины направлено на формирование естественнонаучного мировоззрения студентов, освоение научного стиля мышления, глубокого и правильного понимания принципов построения супрамолекулярных ансамблей.

### Задачи:

В результате изучения данного курса студент должен изучить наиболее распространенные примеры супрамолекулярных ансамблей, особенно супрамолекулярных гелей. Студенты должны получить представление об основных видах взаимодействий, возникающих в супрамолекулярных объектах, методах их изучения, возможностях практического использования. Ознакомление с новой необычной гидрогелевой системой на основе аминокислоты L-цистеина и нитрата серебра, особенностями ее образования, возможностями практического применения, взглядом на дальнейшие перспективы развития данной системы.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП

Цикл (раздел) ОП: Б1.В

### Требования к предварительной подготовке обучающегося:

Неорганическая химия

Строение вещества

Физика

Аналитическая химия

Органическая химия

Координационная химия

**Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:**

Научно-исследовательская работа

Кристаллохимия

Растворы полимеров и полиэлектролиты

Коллоидная химия

## 3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

<b>Общая трудоемкость</b>	3 ЗЕТ
Часов по учебному плану	108
<b>в том числе:</b>	
аудиторные занятия	54
самостоятельная работа	44

## 4. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

ПК-1.1: Планирует отдельные стадии исследования при наличии общего плана НИР

Уровень 1 Представления, лежащие в основе супрамолекулярной химии.

Уровень 1 Сформулировать модельное представление супрамолекулярного объекта; излагать представление об основных видах взаимодействий, возникающих в супрамолекулярных объектах, методах их изучения, возможностях практического использования.

Уровень 1 Методами и основными программными средствами для изучения супрамолекулярных объектов.

ПК-1.2: Выбирает технические средства и методы испытаний (из набора имеющихся) для решения поставленных задач НИР

- Уровень 1 Физико-химические принципы современной аппаратуры для изучения супрамолекулярных ансамблей; алгоритмы построения супрамолекулярных ансамблей.
- Уровень 1 Провести проверку работоспособности используемых приборов и их соответствия метрологическим требованиям.
- Уровень 1 Свободной эксплуатацией электронно-вычислительных комплексов для решения задач супрамолекулярной химии.

ПК-1.3: Готовит объекты исследования

- Уровень 1 Технику безопасности при работе с различными химическими соединениями.
- Уровень 1 Использовать знания неорганической, аналитической и органической химии при приготовлении различных растворов.
- Уровень 1 Навыками неорганической, аналитической и органической химии.

ПК-2.1: Проводит первичный поиск информации по заданной тематике (в т.ч., с использованием патентных баз данных)

- Уровень 1 Основы патентного поиска и его особенности.
- Уровень 1 Проводить патентный поиск, анализировать полученную информацию.
- Уровень 1 Навыками патентного поиска с учетом его особенностей, анализа полученной информации.

ПК-2.2: Анализирует и обобщает результаты патентного поиска по тематике проекта в выбранной области химии (химической техно-логии)

- Уровень 1 Особенности патентного поиска по тематике выбранного научного исследования.
- Уровень 1 Проводить патентный поиск по тематике выбранного научного исследования с учетом его особенностей.
- Уровень 1 Основами проведения патентного поиска по тематике выбранного научного исследования с учетом его особенностей.

## 5. ВИДЫ КОНТРОЛЯ

Виды контроля в семестрах:	
зачеты	6

## 6. ЯЗЫК ПРЕПОДАВАНИЯ

Язык преподавания: русский.

## 7. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Код занят.	Наименование разделов и тем	Вид занятия	Семестр / Курс	Часов	Источники	Примечание
	Раздел 1. Введение					
1.1	Предмет курса.	Лек	6	1		
	Раздел 2. Основные понятия					
2.1	Основные понятия. Основные направления и примеры супрамолекулярной химии.	Лек	6	1		

2.2	Приготовление растворов ПАВ	Лаб	6	2		
2.3		Ср	6	4		
	Раздел 3. Предмет супрамолекулярной химии. История становления как самостоятельной науки. Примеры супрамолекулярных ансамблей. Примеры влияния различных факторов на структуру и свойства супрамолекулярных ансамблей.					
3.1	Предмет супрамолекулярной химии. История становления как самостоятельной науки. Примеры супрамолекулярных ансамблей. Примеры влияния различных факторов на структуру и свойства супрамолекулярных ансамблей.	Лек	6	1		
3.2	Изучение растворов ПАВ различными инструментальными методами анализа	Лаб	6	4		
3.3		Ср	6	4		
	Раздел 4. Основные виды межмолекулярных взаимодействий. Методы изучения невалентных взаимодействий. Конкретные примеры научных исследований в области супрамолекулярной химии за последние годы.					
4.1	. Основные виды межмолекулярных взаимодействий. Методы изучения невалентных взаимодействий. Конкретные примеры научных исследований в области супрамолекулярной химии за последние годы.	Лек	6	2		
4.2	Приготовление и исследование растворов ДНК различными инструментальными методами анализа	Лаб	6	6		
4.3		Ср	6	4		
	Раздел 5. Понятие гелей и их классификация.					

5.1	Понятие гелей и их классификация.	Лек	6	1		
5.2	Приготовление растворов ПВС	Лаб	6	2		
5.3		Ср	6	4		
	Раздел 6. Супрамолекулярные гели.					
6.1	Супрамолекулярные гели.	Лек	6	1		
6.2	Изучение гелей и криогелей ПВС различными инструментальными методами анализа	Лаб	6	6		
6.3		Ср	6	4		
	Раздел 7. Открытие супрамолекулярных гелей на основе L-цистеина и нитрата серебра.					
7.1	Открытие супрамолекулярных гелей на основе L-цистеина и нитрата серебра.	Лек	6	2		
7.2	Приготовление растворов L-цистеина и нитрата серебра	Лаб	6	2		
7.3		Ср	6	4		
	Раздел 8. Особенности процесса самоорганизации в системе L-цистеин-нитрат серебра.					
8.1	Особенности процесса самоорганизации в системе L-цистеин-нитрат серебра.	Лек	6	2		
8.2	Исследование золя L-цистеин/нитрат серебра с помощью УФ-спектроскопии	Лаб	6	2		
8.3		Ср	6	4		
	Раздел 9. Влияние электролитов на процесс гелеобразования в системе L-цистеин-нитрат серебра.					
9.1	Влияние электролитов на процесс гелеобразования в системе L-цистеин-нитрат серебра.	Лек	6	2		
9.2	Изучение процесса гелеобразования в системе L-цистеин/нитрат серебра при введении различных низкомолекулярных солей с помощью вискозиметрии	Лаб	6	4		

9.3		Ср	6	4		
	Раздел 10. Влияние растворителей на процесс гелеобразования в системе L-цистеин-нитрат серебра.					
10.1	Влияние растворителей на процесс гелеобразования в системе L-цистеин-нитрат серебра.	Лек	6	2		
10.2	Изучение влияния полярности растворителей на размер частиц в системе L-цистеин/нитрат серебра с помощью динамического рассеяния света	Лаб	6	2		
10.3		Ср	6	4		
	Раздел 11. Возможности практического использования супрамолекулярных гидрогелей.					
11.1	Возможности практического использования супрамолекулярных гидрогелей.	Лек	6	2		
11.2	Измерение дзета-потенциала, как важного показателя стабильности и активности любого лекарственного препарата, частиц в системе L-цистеин/нитрат серебра	Лаб	6	4		
11.3		Ср	6	4		
	Раздел 12. Оценка современного состояния супрамолекулярных полиэлектролитных комплексов.					
12.1	Оценка современного состояния супрамолекулярных полиэлектролитных комплексов.	Лек	6	1		
12.2	Изучение супрамолекулярных комплексов на основе золя L-цистеина и нитрата серебра с ДНК	Лаб	6	2		
12.3		Ср	6	4		

### Образовательные технологии

Образовательные технологии приведены в Приложении 1.

### Список образовательных технологий

1	Информационные (цифровые) технологии
2	Метод case-study

## 8. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

### 8.1. Оценочные материалы для проведения текущей аттестации

Оценочные материалы приведены в Приложении 1.

### 8.2. Оценочные материалы для проведения промежуточной аттестации

Приложение 1.

### 8.3. Требования к рейтинг-контролю

Приложение 1.

## 9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

### 9.1. Рекомендуемая литература

### 9.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет"

Э1	<a href="https://www.dvfu.ru/upload/medialibrary/741/8ry70uapnvg078xs2a2urytns25q9hm/%D0%90%D0%BA%D0%B8%D0%BC%D0%BE%D0%B2%D0%B0%20%D0%A2.%D0%98.%20%D0%9E%D1%81%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D1%8B%20%D1%81%D1%83%D0%BF%D1%80%D0%B0%D0%BC%D0%BE%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%83%D0%BB%D1%8F%D1%80%D0%BD%D0%BE%D0%B9%20%D1%85%D0%B8%D0%BC%D0%B8%D0%B8%20.pdf?ysclid=luwo8o9ios793900622">https://www.dvfu.ru/upload/medialibrary/741/8ry70uapnvg078xs2a2urytns25q9hm/%D0%90%D0%BA%D0%B8%D0%BC%D0%BE%D0%B2%D0%B0%20%D0%A2.%D0%98.%20%D0%9E%D1%81%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D1%8B%20%D1%81%D1%83%D0%BF%D1%80%D0%B0%D0%BC%D0%BE%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%83%D0%BB%D1%8F%D1%80%D0%BD%D0%BE%D0%B9%20%D1%85%D0%B8%D0%BC%D0%B8%D0%B8%20.pdf?ysclid=luwo8o9ios793900622</a>
----	---

### 9.3.1 Перечень программного обеспечения

1	Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows
2	Adobe Acrobat Reader
3	Google Chrome
4	Многофункциональный редактор ONLYOFFICE
5	Foxit Reader

### 9.3.2 Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1	ЭБС «Лань»
2	ЭБС «ZNANIUM.COM»
3	ЭБС «ЮРАИТ»
4	ЭБС BOOK.ru
5	ЭБС ТвГУ
6	Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU (подписка на журналы)
7	Репозиторий ТвГУ

## 10. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Аудит-я	Оборудование
---------	--------------

3-408	комплект учебной мебели, переносной ноутбук, проекторы, абсорбциометр, телефоны, ареометр, барометр анероид, дрель, колонки, мешалка магнитная,
-------	---

## 11. МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Методические указания приведены в Приложении 1.

### Приложение 1

## 8. МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

### Образовательные технологии

Учебная программа – наименование разделов и тем ( <i>в строгом соответствии с разделом II РПД</i> )	Вид занятия	Образовательные технологии
1. Введение.	<ul style="list-style-type: none"> <li>лекция</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>традиционные (фронтальная лекция, решение упражнений),</li> <li>информационные (показ презентаций)</li> </ul>
2. Основные понятия.	<ul style="list-style-type: none"> <li>лекция</li> <li>решение задач и упражнений</li> <li>проверка домашних заданий</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>традиционные (фронтальная лекция, решение упражнений),</li> <li>информационные (показ презентаций)</li> <li>технология модульного и блочно-модульного обучения</li> </ul>
3. Предмет супрамолекулярной химии. История становления как самостоятельной науки. Примеры супрамолекулярных ансамблей. Примеры влияния различных факторов на структуру и свойства супрамолекулярных ансамблей.	<ul style="list-style-type: none"> <li>лекция</li> <li>решение задач и упражнений</li> <li>проверка домашних заданий</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>традиционные (фронтальная лекция, решение упражнений),</li> <li>информационные (показ презентаций)</li> <li>технология модульного и блочно-модульного обучения</li> </ul>

<p>4. Основные виды межмолекулярных взаимодействий. Методы изучения невалентных взаимодействий. Конкретные примеры научных исследований в области супрамолекулярной химии за последние годы.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• лекция</li> <li>• решение задач и упражнений</li> <li>• проверка домашних заданий</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• традиционные (фронтальная лекция, решение упражнений),</li> <li>• информационные (показ презентаций)</li> <li>• технология модульного и блочно-модульного обучения</li> </ul>
<p>5. Понятие гелей и их классификация.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• лекция</li> <li>• решение задач и упражнений</li> <li>• проверка домашних заданий</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• традиционные (фронтальная лекция, решение упражнений),</li> <li>• информационные (показ презентаций)</li> <li>• технология модульного и блочно-модульного обучения</li> </ul>
<p>6. Супрамолекулярные гели.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• лекция</li> <li>• решение задач и упражнений</li> <li>• проверка домашних заданий</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• традиционные (фронтальная лекция, решение упражнений),</li> <li>• информационные (показ презентаций)</li> <li>• технология модульного и блочно-модульного обучения</li> </ul>
<p>7. Открытие супрамолекулярных гелей на основе L-цистеина и нитрата серебра.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• лекция</li> <li>• решение задач и упражнений</li> <li>• лабораторная работа в химической лаборатории</li> <li>• проверка домашних заданий</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• традиционные (фронтальная лекция, решение упражнений),</li> <li>• информационные (показ презентаций)</li> <li>• технология исследовательской деятельности (химический эксперимент)</li> <li>• технология модульного и блочно-модульного обучения</li> <li>• здоровьесберегающие технологии</li> </ul>
<p>8. Особенности процесса самоорганизации в системе L-цистеин-нитрат серебра.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• лекция</li> <li>• решение задач и упражнений</li> <li>• лабораторная работа в химической лаборатории</li> <li>• проверка домашних заданий</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• традиционные (фронтальная лекция, решение упражнений),</li> <li>• информационные (показ презентаций)</li> <li>• технология исследовательской деятельности (химический эксперимент)</li> <li>• технология модульного и блочно-модульного обучения</li> <li>• здоровьесберегающие технологии</li> </ul>

<p>9. Влияние электролитов на процесс гелеобразования в системе L-цистеин-нитрат серебра.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• лекция</li> <li>• решение задач и упражнений</li> <li>• лабораторная работа в химической лаборатории</li> <li>• проверка домашних заданий</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• традиционные (фронтальная лекция, решение упражнений),</li> <li>• информационные (показ презентаций)</li> <li>• технология исследовательской деятельности (химический эксперимент)</li> <li>• технология модульного и блочно-модульного обучения</li> <li>• здоровьесберегающие технологии</li> </ul>
<p>10. Влияние растворителей на процесс гелеобразования в системе L-цистеин-нитрат серебра.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• лекция</li> <li>• решение задач и упражнений</li> <li>• лабораторная работа в химической лаборатории</li> <li>• проверка домашних заданий</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• традиционные (фронтальная лекция, решение упражнений),</li> <li>• информационные (показ презентаций)</li> <li>• технология исследовательской деятельности (химический эксперимент)</li> <li>• технология модульного и блочно-модульного обучения</li> <li>• здоровьесберегающие технологии</li> </ul>
<p>11. Возможности практического использования супрамолекулярных гидрогелей.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• лекция</li> <li>• решение задач и упражнений</li> <li>• проверка домашних заданий</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• традиционные (фронтальная лекция, решение упражнений),</li> <li>• информационные (показ презентаций)</li> <li>• технология модульного и блочно-модульного обучения</li> </ul>
<p>12. Оценка современного состояния супрамолекулярных полиэлектролитных комплексов.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• лекция</li> <li>• решение задач и упражнений</li> <li>• проверка домашних заданий</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• традиционные (фронтальная лекция, решение упражнений),</li> <li>• информационные (показ презентаций)</li> <li>• технология модульного и блочно-модульного обучения</li> </ul>

#### IV. Оценочные материалы для проведения текущей и промежуточной аттестации

#### РАССЧЕТ БАЛЛОВ

#### ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ВВЕДЕНИЕ В СУПРАМОЛЕКУЛЯРНУЮ ХИМИЮ»

### 1 модуль

№	Результат (индикатор)	Вид работы / способ	Критерии оценивания
1	ПК-1.1 ПК-1.2	Лабораторные работы - 2	8 баллов (4 балла за одну работу)
2	ПК-1.3 ПК-2.1 ПК-2.2	Коллоквиум №1	8 баллов (коллоквиум включает решение тестовых заданий – 4 балла, ответы на вопросы – 4 балла)
3		Выполнение домашней работы	10
4		Посещаемость	2
5		Работа на занятии	2
		<b>Итого:</b>	<b>30</b>

### 2 модуль

№	Результат (индикатор)	Вид работы / способ	Критерии оценивания
1	ПК-1.1 ПК-1.2	Лабораторные работы - 2	8 баллов (4 балла за одну работу)
2	ПК-1.3 ПК-2.1 ПК-2.2	Коллоквиум №2	8 баллов (коллоквиум включает решение тестовых заданий – 4 балла, ответы на вопросы – 4 балла)
3		Выполнение домашней работы	10
4		Посещаемость	2

5		Работа на занятии	2
		<b>Итого:</b>	<b>30</b>
6		<b>Зачет</b>	<b>40 (4 задания в билете по 10 баллов)</b>
		<b>Итого за семестр</b>	<b>100 баллов</b>

## Текущий контроль успеваемости

### 1 модуль

#### Лабораторные работы

#### Общий пример подготовки исследуемых систем для анализа

В работе использованы реактивы: L-цистеин 99% и нитрат серебра 99,8% («Acros»), сульфат натрия (х.ч), а также ПВС с молекулярными массами 50 и 100 кДа и количеством остаточных ацетатных групп менее 2 % «Sigma Aldrich», ПЭГ с молекулярными массами 0,4, 6 и 40 кДа «Sigma Aldrich», ПВП с молекулярными массами 20 и 40 кДа «Sigma Aldrich». Все растворы готовили на дистиллированной воде.

Для приготовления ЦСР использовалась следующая методика: готовились по отдельности растворы цистеина ( $10^{-2}$  М) и нитрата серебра ( $10^{-2}$  М). В пустой сосуд сначала наливали воду в определенном количестве, далее добавляли L-цистеин и, наконец, нитрат серебра. Полученный опалесцирующий раствор оставляли на сутки для созревания. В конечном итоге получали прозрачный с желтоватой окраской ЦСР. Гидрогели ЦСР+полимер получали добавлением к раствору ЦСР водного раствора полимера и далее к полученной системе приливали водный раствор электролита  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ .

#### **Лабораторная работа №1. Исследование супрамолекулярных систем методом ДСР (определение размеров частиц)**

Измерение интенсивности светорассеяния в исследуемых системах проводили методом ДСР с использованием анализатора Zetasizer «Nano ZS» (фирма «Malvern») с He-Ne-лазером (633 нм) мощностью 4 мВт. Все измерения осуществлялись при температуре 25 °С в конфигурации обратного рассеяния (173°), обеспечивающей наибольшую чувствительность прибора. Математическая обработка результатов полученных кросс-корреляционных функций флуктуаций интенсивности рассеянного света  $g_2(\tau)$  проводилась в программе Zetasizer Software, где решение полученного уравнения зависимости  $g_2(\tau)$  от коэффициента диффузии производилось методом куммулянтов. Результатом решения являлась функция  $z(D)$ . Гидродинамические радиусы рассеивающих частиц рассчитывались из коэффициентов диффузии по формуле Стокса-Энштейна:  $D = kT/6\pi\eta R$ , где  $D$  – коэффициент диффузии,  $k$  – константа Больцмана,  $T$  – абсолютная температура,  $\eta$  – вязкость среды,  $R$  – радиус рассеивающих частиц.

## **Лабораторная работа №2. Исследование супрамолекулярных систем методом ДСР (измерение дзета-потенциала частиц)**

Измерение электрофоретической подвижности агрегатов в образцах проведено в U-образных капиллярных кюветах. Распределение Z-потенциала рассчитывали по уравнению Генри:  $U_E = 2\epsilon z f(Ka)/3\eta$ , где  $f(Ka)$  – функция Генри,  $U_E$  – электрофоретическая подвижность,  $z$  – Z-потенциал,  $\epsilon$  – диэлектрическая постоянная,  $\eta$  – вязкость,  $f(Ka) = 1,5$  для водных сред.

### **Коллоквиум №1.**

*Пример*

**1. Сравните скорости реакции Финкельштейна в воде и ацетоне?**

а) в воде скорость выше

б) в ацетоне скорость выше

в) скорости равны

г) нельзя ответить однозначно, не зная температуру эксперимента

**2. Что такое явление тиксотропии?**

а) самопроизвольное восстановление структуры после механического разрушения

б) восстановление структуры под действием внешних факторов

в) конформационный переход глобула-стержень

г) фазовый переход 1-ого рода

**3. Супрамолекулярной системой является?**

а) макромолекула полиэтилена

б) хлорид натрия

в) магний

г) молекула ДНК

**4. Какой основной вид взаимодействий возникает в супрамолекулярных системах, построенных из бензольных колец?**

а) водородные связи

б) электростатические;

в) стэкинг

г) дипольные

**5. К поверхностно-активному веществу можно отнести?**

а) поваренную соль

б) пищевую соду

в) глицерин

г) додецилсульфат натрия

**6.** Приведите пример супрамолекулярных систем в биохимии человека?

**7.** С помощью какого спектроскопического метода можно выявить и определить энергию водородной связи в какой-либо супрамолекулярной системе?

**8.** Почему структура льда высокого давления намного прочнее, чем структура обычного льда?

**9.** Приведите пример полиморфных модификаций для молекулы ДНК?

**10.** В каком виде существуют аминокислоты в гидрофобных матрицах и в водных средах и почему?

## **2 модуль**

### **Лабораторные работы**

## **Лабораторная работа №1. Исследование супрамолекулярных систем методом вискозиметрии**

Вязкость образцов измеряли на вибрационном вискозиметре SV-10 (A&D Company), в котором вибрация сенсорных пластин осуществлялась с частотой 30 Гц и постоянной амплитудой около 1 мм. Измерение вязкости растворов и гелей осуществляли при комнатной температуре.

## **Лабораторная работа №2. Исследование супрамолекулярных систем методом УФ-спектроскопии**

Электронные спектры исследуемых образцов регистрировали на УФ-спектрофотометре «Evolution Array» (фирма «Thermo Scientific») в кварцевой кювете с толщиной слоя 1 мм.

### **Коллоквиум №2.**

*Пример*

- 1. Сравните скорости реакции Меншуткина в гексане и хлороформе?**
  - а) в гексане скорость выше
  - б) в хлороформе скорость выше
  - в) скорости равны
  - г) нельзя ответить однозначно, не зная температуру эксперимента
- 2. Как можно разделить ионы натрия от ионов калия используя супрамолекулярную химию?**
  - а) провести диализ
  - б) перекристаллизовать
  - в) добавить необходимый краун-эфир
  - г) их нельзя разделить
- 3. Близкой к фрактальным структурам можно отнести?**
  - а) ПЭТФ
  - б) полистирол
  - в) дендримеры
  - г) СВМПЭ
- 4. Цвиттер-ионы аминокислот образуются в среде?**
  - а) гексан
  - б) вода

в) диоксан

г) диметилформаид

**5. К системе гость-хозяин можно отнести?**

а) цеолиты

б) интеркалляты

в) ортофосфаты

г) сульфиды

6. Что такое мицелла? Нарисуйте схему образования мицеллярной структуры на примере водного раствора додецилсульфата натрия?
7. Что такое фрактал? Нарисуйте схему образования фрактального кластера при желировании системы цистеин-нитрат серебра?
8. Что такое явление тиксотропии? Какие системы обладают данным явлением?
9. Объясните антибактериальный эффект ионов серебра (механизм действия)?
10. Дайте предположение: почему гель на основе цистеина и нитрата серебра может обладать более выраженными антисептическими и антибактериальными свойствами, чем просто раствор нитрата серебра?

### **Самостоятельная работа + Контроль самостоятельной работы**

#### **по дисциплине «ВВЕДЕНИЕ В СУПРАМОЛЕКУЛЯРНУЮ ХИМИЮ»**

В ходе самостоятельной работы студенты проводят литературный поиск по заданной тематике, анализируют литературу (статьи и патенты) и представляют результаты в виде презентации (выступление на занятии 5-10 минут). Патентный поиск осуществляется на сайте ФИПС ([www1.fips.ru](http://www1.fips.ru)). Предварительно, в течение одного занятия (2 часа) преподаватель обучает студентов работе с данным сайтом. Поиск и анализ статей осуществляется в базах данных YANDEX и GOOGLE. Осуществляется работа с русскими и английскими статьями и патентами.

*Пример оформления презентации*

Тема: «Супрамолекулярные гидрогели»

В результате поиска была выбрана статья «Процессы самоорганизации в водном растворе поливинилового спирта, L-цистеина и нитрата серебра». В ходе анализа статьи была составлена презентация.

## Супрамолекулярные гидрогели

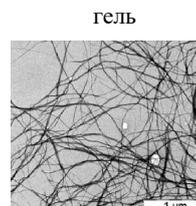
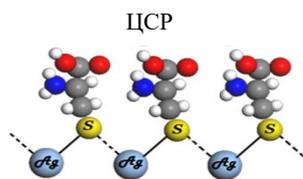
### Процессы самоорганизации в водном растворе поливинилового спирта, L-цистеина и нитрата серебра

Подготовила: студентка 3 курса  
Химико-технологического  
факультета  
Фаткина А.А.

#### Мотивация



1. Смешение водных растворов L-цистеина и нитрата серебра
2. Образование цистеин-серебряного раствора (ЦСР)
3. Добавление электролита к ЦСР и формирование геля



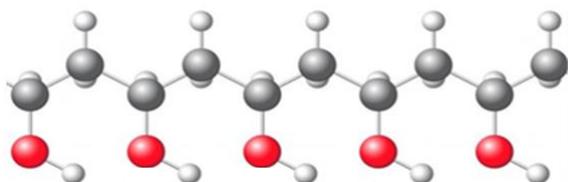
*P. M. Pakhomov., S. D. Khizhnyak, et. al. // Colloid Journal, 2004, V. 66, № 1, P. 65.  
S. D. Khizhnyak, P. V. Komarov, et.al. // Soft Matter, 2017, V. 30, № 13, P. 5168.*

- Образование гидрогеля происходит при крайне низких концентрациях компонентов (0.01% масс.)
- Прекурсоры являются биоактивными нетоксичными компонентами системы
- Гидрогель тиксотропен
- Антибактериальные свойства гидрогеля проявляются в более сильном синергетическом эффекте, чем исходные компоненты по отдельности

!Низкая вязкость и прочностные характеристики

## Слайд 3.

### Мотивация



Поливиниловый спирт (ПВС)

*F.L. Bucholz, N.A. Peppas. // Superabsorbent polymer. Science and technology. American Chemical Society, 1994, P. 573.*

*V.I. Lozinsky, A.L. Zubov, E.F. Titova // Enzyme and Microbial Technology, 1997, V.20, P.182.*

- Гелеобразующий водорастворимый полимер
- Биоактивен и нетоксичен

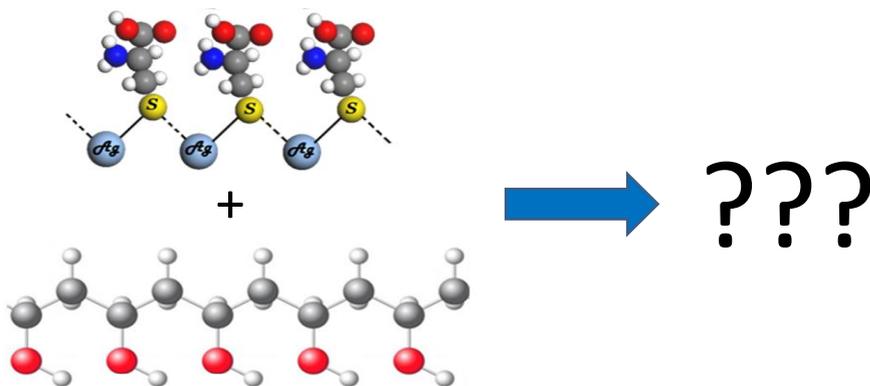
!Высокие концентрации для формирования геля

3

## Слайд 4.

### Цель

В связи с вышесказанным, целью настоящей работы является изучение процесса самоорганизации в смешанных водных растворах ПВС, L-цистеина и нитрата серебра, а также обсуждение возможности практического использования новых получаемых систем. Еще раз подчеркнем, что супра- и макромолекулярная системы обладают биоактивными свойствами, нетоксичны и биосовместимы с организмом.

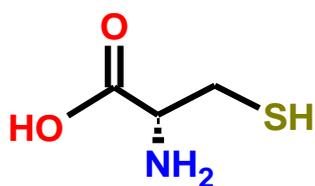


4

## Слайд 5.

### Объекты исследования

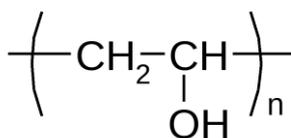
В работе использованы реактивы: L-цистеин 99% и нитрат серебра 99,8% («Acros»), сульфат натрия (х.ч), а также ПВС с молекулярной массой  $5 \cdot 10^4$  г/моль и количеством остаточных ацетатных групп менее 2 % производства «Нева Реактив», Санкт-Петербург. Все растворы готовили на дистиллированной воде.



L-цистеин



Нитрат серебра



ПВС

5

## Слайд 6.

### Методика приготовления образцов



**1** - Фото гидрогелей на основе ЦСП (0.01 % масс.) +  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  (0.0001% масс.) - контроль и ЦСП (0.01 % масс.) + раствор ПВС (0.002, 0.01, 0.02, 1.0 и 2.0 % масс.) +  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  (0.0001% масс.) через 30 минут после приготовления;

6

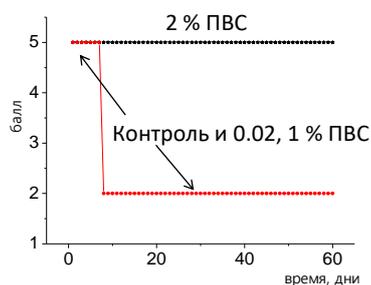
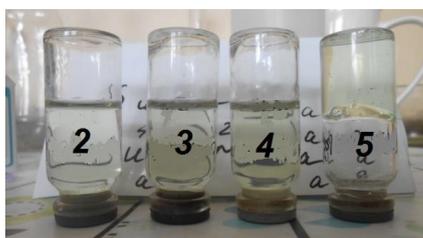
## Слайд 7.

### Тиксотропные свойства в системе Цистеин- $\text{AgNO}_3$ -ПВС- $\text{Na}_2\text{SO}_4$

Шкала прочности гелей

Балл (оценка)	Описательная характеристика полученного геля
5	Гель прочный – при переворачивании не деформируется
4	Гель образует куполообразный мениск, но не стекает
3	Гель медленно стекает по стенкам
2	Гель не прочный – легко срывается вниз
1	Гель очень слабый
0	Нет геля

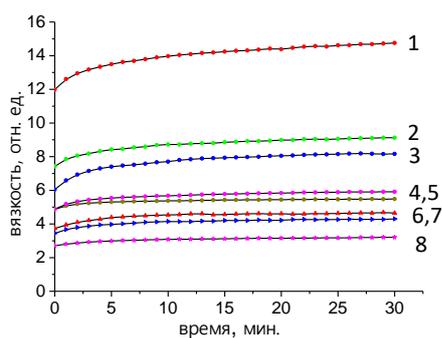
*Овчинников М.М.,  
Хижняк С.Д., Пахомов П.М.  
// Физико-химия полимеров  
– Тверь: ТвГУ, 2007. Вып.  
13. -с. 140-147.*



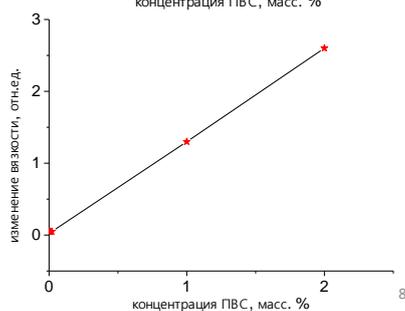
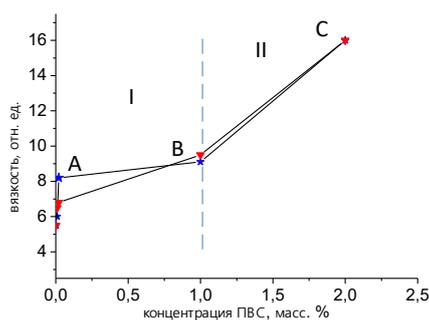
При ежедневном разрушении гелей в течение 2-х месяцев наблюдений восстановление прежней структуры протекало для всех гелей. Однако их прочность сильно зависела от содержания ПВС в геле. 5 баллов в течение 2-х месяцев дала система с ПВС – 2 % (5). Остальные – контроль (2) и 0.02 (3) и 1 % (4) дали 5 баллов в течение 7 дней, далее – 2 балла.

## Слайд 8.

### Вискозиметрические исследования системы Цистеин- $\text{AgNO}_3$ -ПВС- $\text{Na}_2\text{SO}_4$

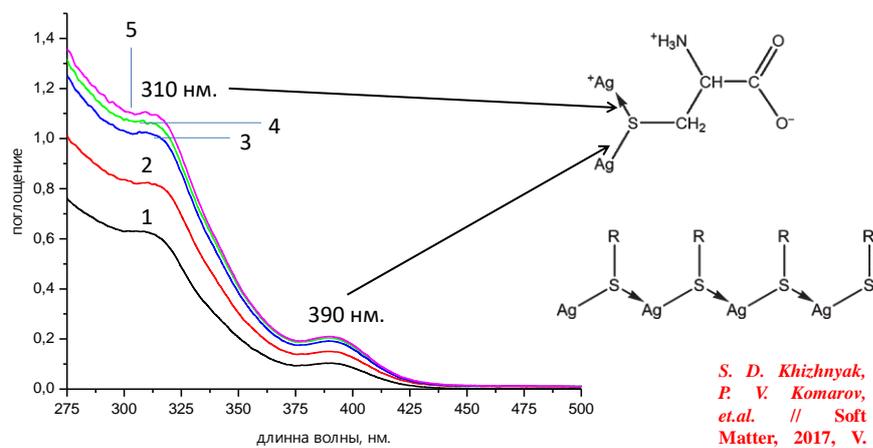


- 1 – ЦСР+ПВС(2.0%)+ $\text{Na}_2\text{SO}_4$
- 2 – ЦСР+ПВС(1.0%)+ $\text{Na}_2\text{SO}_4$
- 3 – ЦСР+ПВС(0.02%)+ $\text{Na}_2\text{SO}_4$
- 4 – ЦСР+ПВС(0.01%)+ $\text{Na}_2\text{SO}_4$
- 5 – ЦСР+ПВС(2.0%)
- 6 – ЦСР+ПВС(0.002%)+ $\text{Na}_2\text{SO}_4$
- 7 – ЦСР+ $\text{Na}_2\text{SO}_4$  – контроль
- 8 – ЦСР



## Слайд 9.

### УФ анализ системы Цистеин- $\text{AgNO}_3$ -ПВС- $\text{Na}_2\text{SO}_4$



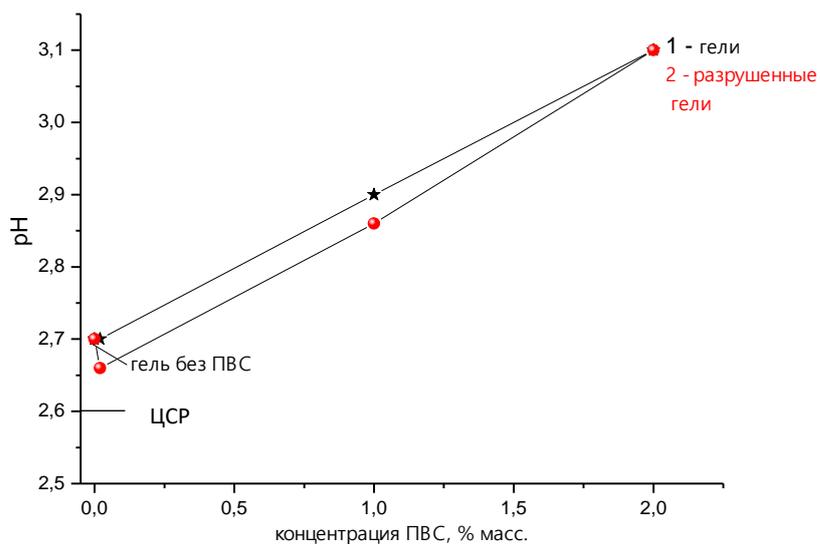
*S. D. Khizhnyak,  
P. V. Komarov,  
et.al. // Soft  
Matter, 2017, V.  
30, № 13, P. 5168.*

- 1 – ЦСП;  
 2 – ЦСП (0.01 % масс.) +  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  (0.0001% масс.) – контроль;  
 3,4,5 – ЦСП (0.01 % масс.) + раствор ПВС (1.0, 0.02 и 2.0 % масс., соответственно) +  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  (0.0001% масс.).

9

## Слайд 10.

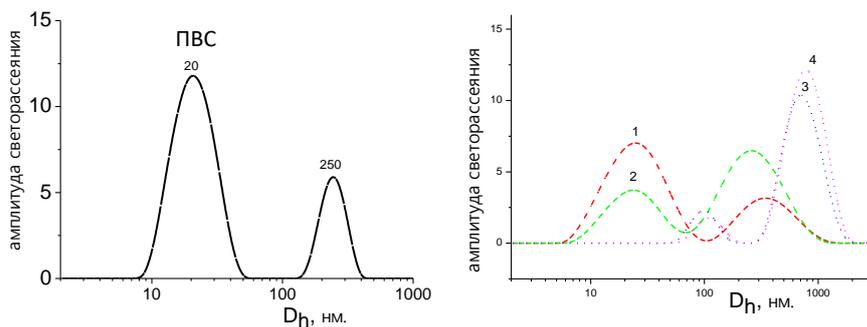
### рН метрия системы Цистеин- $\text{AgNO}_3$ -ПВС- $\text{Na}_2\text{SO}_4$



10

## Слайд 11.

### Изучение системы Цистеин- $\text{AgNO}_3$ -ПВС- $\text{Na}_2\text{SO}_4$ методом ДСР



Образец	$D_p$ , нм
ЦСР- $\text{Na}_2\text{SO}_4$	25 340
ЦСР-ПВС(0.02%)- $\text{Na}_2\text{SO}_4$	25 250
ЦСР-ПВС(1%)- $\text{Na}_2\text{SO}_4$	100 800
ЦСР-ПВС(2%)- $\text{Na}_2\text{SO}_4$	100 800

1 – ЦСР (0.01 % масс.) +  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  (0.0001% масс.) – контроль  
 2,3,4 – ЦСР (0.01 % масс.) + раствор ПВС (1.0, 0.02 и 2.0 % масс., соответственно) +  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  (0.0001% масс.).

11

## Слайд 12.

### Измерение электрохимических величин системы Цистеин- $\text{AgNO}_3$ -ПВС- $\text{Na}_2\text{SO}_4$

Образец	$\xi$ , мВ	$\mu_p$ , мМсм/Vs	$\sigma$ , мСм/см
ЦСР	57,8	4,53	0,279
ЦСР+ $\text{Na}_2\text{SO}_4$	29,7	2,33	0,225
ЦСР+ПВС(0.02%)+ $\text{Na}_2\text{SO}_4$	30,9	2,42	0,240
ЦСР+ПВС(1.0%)+ $\text{Na}_2\text{SO}_4$	28,2	2,20	0,177
ЦСР+ПВС(2.0%)+ $\text{Na}_2\text{SO}_4$	34,3	2,69	0,157

12

## Слайд 13.





Актуальным направлением является применение таких образцов в тканевой инженерии. Обычно они используются как переносчики для клеток и/или ростовых факторов, а их первоначальной задачей является поддержка роста и развития здоровой ткани, а также интеграция в окружающие ткани. В этой связи подложки должны быть биосовместимы с тканями хозяина, не выделять токсичных веществ или не вызывать явного воспалительного ответа.

Кроме того, макропористая структура гидрогеля может использоваться для адресной доставки различных биологически активных веществ к тканям организма. Например, мы можем инкапсулировать различные полианионы (ДНК, мРНК) путем их связывания положительно-заряженными частицами ЦСР, а уже образуемая структура будет инкапсулирована в матрице ПВС. При этом, доставку лекарственных веществ к определенным органам можно добиться, например, путем введения в поры нашего образца магнитных частиц.

## Слайд 16.

### ВЫВОДЫ

- ✓ Установлена хорошая совместимость цистеинсеребряного раствора (ЦСР) с водным раствором поливинилового спирта (ПВС).
- ✓ Комплексным подходом, а именно методами вискозиметрии, УФ-спектроскопии, рН-метрии, динамического светорассеяния (ДСР), ИК-спектроскопии исследованы процессы самоорганизации в водном растворе L-цистеина, нитрата серебра и ПВС под действие сульфата натрия.
- ✓ Показано, что макромолекулы ПВС взаимодействует с супрамолекулами ЦСР путем образования водородных связей, при этом увеличение концентрации ПВС ведет к росту вязкости гидрогелей, более выраженным тиксотропным свойствам, росту интенсивности основных пиков, отвечающих за образование супрамолекулярных структур в ЦСР, увеличению значений рН, росту средних гидродинамических размеров частиц, падению электропроводности системы.
- ✓ Изучение морфологии полученных гидрогелей методом сканирующей электронной микроскопии (СЭМ) выявило образование регулярной макропористой структуры. При этом, было показано, что увеличивая концентрацию ПВС, можно регулировать как плотность пространственной сетки геля, так и пористость композиции.
- ✓ Для самой высокой концентрации ПВС в системе (2 %) обнаружено образование суперпористой структуры. Обсуждаются возможности использования полученных объектов в качестве биоактивных композиций для инкапсулирования различных веществ.

17

### Шкала оценивания выполнения индикаторов:

Индикатор считается выполненным, если либо во время текущей, аттестации студент набрал как минимум пороговое количество баллов за те виды активности, которые отвечают за данный индикатор.

№	Индикатор	Текущая аттестация		Зачет	
		Порог	Максимум	Порог	Максимум

1	ПК-1.1	20	60	20	40
	ПК-1.2				
	ПК-1.3				
	ПК-2.1				
	ПК-2.2				

### **Шкала и критерии выставления оценок за дисциплину:**

Шкала и критерии выставления оценок «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» и «неудовлетворительно» описаны в локальной нормативной документации Тверского государственного университета (Положение о рейтинговой системе обучения студентов ТвГУ). Положительная оценка может быть выставлена только в том случае, если выполнены все индикаторы.

### **V. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины:**

1.

#### ***а) Основная литература***

1. Супрамолекулярная химия: учеб. Пособие / О. А. Федорова. – М. : РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2010. – 204 с. – Электронный ресурс. – Режим доступа: [https://eknigi.org/estestvennye\\_nauki/136729-supramolekulyarnaya-ximiya.html](https://eknigi.org/estestvennye_nauki/136729-supramolekulyarnaya-ximiya.html)
2. Супрамолекулярные гели / П. М. Пахомов, С. Д. Хижняк, М. М. Овчинников, П. В. Комаров. — Тверской гос. университет Тверь, 2011. — 272 с. <https://istina.msu.ru/publications/book/51432016/>

#### ***б) Дополнительная литература***

1. Супрамолекулярная химия. Пер. с англ. В 2-х томах. / Джонатан В. Сид, Джерри Л. Этвуд. – М: ИКЦ «Академкнига», 2007 – Электронный ресурс. – Режим доступа: <http://bookre.org/reader?file=485877>

## 2. Программное обеспечение

а) Лицензионное программное обеспечение:

- Microsoft Office профессиональный плюс 2013
- Microsoft Windows 10 Enterprise
- HyperChem
- Origin 8.1
- ISISDraw 2.4 Standalone

б) Свободно распространяемое программное обеспечение

Google Chrome

## 3. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

- ЭБС «ZNANIUM.COM» [www.znanium.com](http://www.znanium.com);
- ЭБС «Университетская библиотека онлайн» <https://biblioclub.ru/>;
- ЭБС «Лань» <http://e.lanbook.com>

## 4. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины:

1. Виртуальная образовательная среда ТвГУ (<http://moodle.tversu.ru>)

2. Научная библиотека ТвГУ (<http://library.tversu.ru>)

- <http://library.tversu.ru>
- <http://www.iprbookshop.ru/>
- <https://biblioclub.ru/>
- <https://www.nature.com/>  
<https://rd.springer.com/>

### Примерный перечень вопросов для подготовки к зачету

1. Сравните скорости реакции Финкельштейна в воде и ацетоне? Где она больше и почему?
2. Сравните скорости реакции Меншуткина в гексане и хлороформе? Где она больше и почему?
3. Чем отличается супрамолекулярная химия от обычной?

4. Приведите пример супрамолекулярных систем в биохимии человека?
5. С помощью какого спектроскопического метода можно выявить и определить энергию водородной связи в какой-либо супрамолекулярной системе?
6. Почему структура льда высокого давления намного прочнее, чем структура обычного льда?
7. Приведите пример полиморфных модификаций для молекулы ДНК?
8. В каком виде существуют аминокислоты в гидрофобных матрицах и в водных средах и почему?
9. Что такое системы «гость-хозяин», приведите примеры?
10. Как можно разделить ионы натрия от ионов калия используя супрамолекулярную химию?
11. По какому принципу укладываются молекулы, в которых основным видом взаимодействий служат Ван-дер-Ваальсовы взаимодействия?
12. Какой основной вид взаимодействий возникает в супрамолекулярных системах, построенных из бензольных колец?
13. Что такое кооперативные взаимодействия? Объясните на примере структуры молекулы ДНК?
14. Что такое так называемая «сернивая молния»?
15. Нарисуйте полиморфные модификации парацетамола? В какой из них можно легко спрессовать порошок парацетамола в таблетку и почему?
16. Почему комплекс  $\text{Cu}^{2+}$  с водой менее прочный, чем с аммиаком?
17. Почему растворимость сложных супрамолекулярных систем в смесях растворителей обычно выше, чем в каком-то одном из них?
18. У вас есть супрамолекулярная система – интерполиэлектролитный комплекс полиакриламида с молекулой ДНК. На каком свойстве основана доставка ДНК в раковые клетки живого организма в случае данного комплекса, если известно, что рН здоровых клеток – 7,15, а в раковой среде закислена?
19. По какому принципу аккумулируется световая энергия в процессе фотосинтеза?
20. В чем заключаются преимущества так называемых соКРИСТАЛЛОВ в сравнении с обычными кристаллами?
21. Какую химическую природу должны иметь хозяева, если гостем является мочевины?
22. Что такое гель? Приведите примеры гелей природного и синтетического происхождения?
23. Перечислите области использования гелей в медицине и промышленности?
24. Нарисуйте зависимость степени набухания от времени для ограниченного и неограниченного набухания?
25. Объясните принцип действия ПАВов на примере их использования в качестве моющих средств?
26. В чем недостаток неэластичного геля с точки зрения морфологии?
27. Гель агар-агара является обратимым или необратимым гелем и почему?
28. Что такое химический и физический гели, приведите примеры?
29. Почему добавление ПАВ к растворам высокомолекулярных соединений понижает процесс гелеобразования последних?
30. Что такое тиксотропия?
31. Вязкость какой системы будет выше: глобулярные или фибриллярные белки в водном растворе и почему?
32. Где может использоваться процесс тиксотропии в промышленности и быту?
33. При каком значении рН размеры агрегатов биополимеров имеют наибольшую величину и почему?
34. Почему 5 % раствор поливинилового спирта в воде не желируется при комнатной температуре, а при температурах ниже нуля практически мгновенно?
35. На каком свойстве геля основано разделение веществ при диализе?
36. Как можно сконструировать из геля агар-агара батарейку?
37. Из чего производят мармелад? Суть образования геля в данном случае?
38. Почему полиэлектролитные гели обладают сверхпоглощением воды?
39. Что такое коллапс геля? Какие факторы его вызывают?
40. На чем основана доставка лекарств с использованием гелей в качестве носителей?
41. В чем механизм действия гидрогеля, останавливающего кровь?
42. Что добавляют в гидрогель НЕМА (гидроксиэтилметакрилат) для увеличения кислородопроницаемости?

43. Какие гели используют для эффективной добычи нефти и в чем механизм их действия?
44. Почему сверхвысокомолекулярный полиэтилен перерабатывают методом гель-формования?
45. В чем преимущество волокон, полученных из сверхвысокомолекулярного полиэтилена?
46. Каким показателям должен соответствовать материал в условиях работ на дальнем севере? Приведите пример такого материала?
47. Почему сверхвысокомолекулярный полиэтилен нельзя получить с помощью обычной радикальной полимеризации?
48. Что такое мицелла? Нарисуйте схему образования мицеллярной структуры на примере водного раствора додецилсульфата натрия?
49. Что такое фрактал? Нарисуйте схему образования фрактального кластера при желировании системы цистеин-нитрат серебра?
50. Что такое явление тиксотропии? Какие системы обладают данным явлением?
51. Объясните антибактериальный эффект ионов серебра (механизм действия)?
52. Дайте предположение: почему гель на основе цистеина и нитрата серебра может обладать более выраженными антисептическими и антибактериальными свойствами, чем просто раствор нитрата серебра?
53. Приведите полный постадийный механизм процессов, происходящих при смешении водных растворов цистеина и нитрата серебра определенных концентраций и соотношений?
54. Почему цистеин способен желироваться в системе цистеин-нитрат серебра, а метионин нет?
55. Каким экспериментальным методом можно оценить прочность пространственной гель-сетки?
56. Какую информацию дает метод ИК-спектроскопии при изучении процесса гелеобразования в системе цистеин-нитрат серебра?
57. Какую информацию дает метод динамического светорассеяния при изучении процесса гелеобразования в системе цистеин-нитрат серебра?
58. Каким методом можно напрямую доказать образование фрактальных структур при гелеобразовании?
59. Известно, что L-цистеин может образовывать гели при смешении с нитратом серебра, а D-цистеин нет, с чем это может быть связано?
60. Какую информацию можно получить методом УФ-спектроскопии при изучении процесса гелеобразования в системе цистеин-нитрат серебра?
61. Какие взаимодействия могут возникать при взаимодействии цистеин-серебряного раствора с водным раствором полиэтиленгликоля?
62. Почему смешение полиакриловой кислоты и цистеин-серебряного раствора ведет к выпадению осадка?
63. Каков механизм гелеобразования при введении в систему цистеин-нитрат серебра электролитов, например сульфата или хлорида натрия?
64. С помощью какого метода можно установить участие сульфат аниона в процессе гелеобразования в системе цистеин-нитрат серебра?
65. С чем может быть связана причина образования геля в системе цистеин-нитрат серебра при введении хлорид аниона, в то время как при введении иодид аниона гель не образуется?
66. С чем может быть связан факт более долгого времени жизни гелей в системе цистеин-нитрат серебра при введении сульфат аниона по сравнению с хлорид анионом?
67. Почему при введении в водную систему цистеин-нитрат серебра-сульфат натрия, например диметилсульфоксида ухудшает процесс гелеобразования?
68. Какие гели используют для эффективной добычи нефти и в чем механизм их действия?
69. Почему сверхвысокомолекулярный полиэтилен перерабатывают методом гель-формования?
70. В чем преимущество волокон, полученных из сверхвысокомолекулярного полиэтилена?
71. Каким показателям должен соответствовать материал в условиях работ на дальнем севере? Приведите пример такого материала?
72. Почему сверхвысокомолекулярный полиэтилен нельзя получить с помощью обычной радикальной полимеризации?
73. Какими способами можно улучшить реологические характеристики гидрогелей на основе цистеина и нитрата серебра?
74. Какие процессы могут протекать при введении ДНК в систему цистеин-нитрат серебра?

75. Что можно ожидать при замене цистеина на цистин в процессе гелеобразования данной системы?

## **VII. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине:**

В ходе изучения дисциплины используется приборная база для проведения научных исследований физико-химическими методами анализа, которым располагают лаборатории кафедры физической химии химико-технологического факультета.

- компьютеры
- столы
- стулья
- доска учебная
- проектор

## **VIII. Сведения об обновлении рабочей программы дисциплины**

№п.п.	Обновленный раздел рабочей программы дисциплины	Описание внесенных изменений	Реквизиты документа, утвердившего изменения
1.			
2.			