

Компонент ОПОП 04.03.01 Химия  
наименование ОПОП

Б1.О.22  
шифр дисциплины

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

Дисциплины  
(модуля)

Высокомолекулярные соединения

---

Разработчик :

Воронько Н.Г.  
ФИО

доцент кафедры химии  
должность

доктор хим. наук, доцент  
ученая степень,  
звание

Утверждено на заседании кафедры  
химии  
наименование кафедры

протокол № 6 «16» февраля 2024 г.

Заведующий кафедрой химии



Дякина Г.А.  
ФИО

Мурманск  
2024

## Пояснительная записка

Объем дисциплины 4 з.е.

1. **Результаты обучения по дисциплине**, соотнесенные с индикаторами достижения компетенций, установленными образовательной программой

Компетенции	Индикаторы достижения компетенций	Результаты обучения по дисциплине (модулю)
<p><b>ОПК-1.</b> Способен анализировать и интерпретировать результаты химических экспериментов, наблюдений и измерений</p>	<p><b>ИД-1опк.1</b> Систематизирует и анализирует результаты химических экспериментов, наблюдений, измерений, а также результаты расчетов свойств веществ и материалов. <b>ИД-2опк.1</b> Предлагает интерпретацию результатов собственных экспериментов и расчетно-теоретических работ с использованием теоретических основ традиционных и новых разделов химии. <b>ИД-3опк.1</b> Формулирует заключения и выводы по результатам анализа литературных данных, собственных экспериментальных и расчетно-теоретических работ химической направленности.</p>	<p><b>Знать:</b> принципы полимерного (высокомолекулярного) состояния вещества и связанные с этим отличия в физико-химических свойствах по сравнению со свойствами низкомолекулярных соединений; классификацию и особенности молекулярного строения полимеров; процессы полимеризации и поликонденсации, реакции, протекающие в высокомолекулярных соединениях (ВМС); механизмы поведения ВМС в растворах и расплавах; особенности кристаллического состояния полимеров.</p> <p><b>Уметь:</b> идентифицировать ВМС по химической формуле и пространственной форме; ориентироваться в методах синтеза ВМС; проводить анализ характера взаимодействия полимер-растворитель; оценивать механические и физико-химические свойства ВМС.</p>
<p><b>ОПК-2.</b> Способен проводить с соблюдением норм техники безопасности химический эксперимент, включая синтез, анализ, изучение структуры и свойств веществ и материалов, исследование процессов с их участием</p>	<p><b>ИД-1опк.2</b> Работает с химическими веществами с соблюдением норм техники безопасности. <b>ИД-2опк.2</b> Проводит синтез веществ и материалов разной природы с использованием имеющихся методик. <b>ИД-3опк.2</b> Проводит стандартные операции для определения химического и фазового состава веществ и материалов на их основе. <b>ИД-4опк.2</b> Проводит исследования свойств веществ и материалов с использованием серийного научного оборудования.</p>	<p>проводить анализ характера взаимодействия полимер-растворитель; оценивать механические и физико-химические свойства ВМС.</p> <p><b>Владеть:</b> методами экспериментальных определений физико-химических характеристик ВМС; навыками постановки эксперимента и обработки экспериментальных результатов; навыками выполнения химических лабораторных операций с ВМС.</p>

## 2. Содержание дисциплины

### **Тема 1. Введение в науку о высокомолекулярных соединениях**

Принципы полимерного состояния вещества. Основные понятия и номенклатура полимеров. Молекулярная масса полимеров: молекулярно-массовое распределение, среднечисленная и среднемассовая молекулярная масса. Регулярные и нерегулярные полимеры. Неоднородность полимеров по химическому составу. Полимолекулярность. Полярные и неполярные полимеры. Классификация полимеров. Органические и элементоорганические полимеры. Неорганические полимеры. Некоторые природные ВМС, применяемые в промышленности.

### **Тема 2. Синтез высокомолекулярных соединений**

Полимеризация: цепная полимеризация, ступенчатая полимеризация, влияние различных факторов на скорость полимеризации, способы проведения полимеризации. Поликонденсация, основные закономерности реакции поликонденсации. Синтез привитых и блок-сополимеров. Синтез ВМС с неорганическими главными цепями.

### **Тема 3. Химические превращения высокомолекулярных соединений**

Реакции деструкции: действие на ВМС высоких температур, механические превращения ВМС, действие на ВМС света и ионизирующих излучений, химическая деструкция. Реакции сшивания: вулканизация каучуков, отверждение пластических масс. Реакции функциональных групп. Реакции внутримолекулярных перегруппировок. Стабилизация полимеров.

### **Тема 4. Гибкость полимерной цепи. Идеальный полимерный клубок**

Механизмы гибкости. Портрет полимерного клубка. Идеальная полимерная цепь. Персистентная длина полимерной цепи. Длина сегмента Куна полимерной цепи. Гибкие и жёсткие цепи. Объёмная доля полимера внутри идеального клубка. Радиус инерции идеальной цепи. Гауссово распределение векторов между концами цепи для идеальной цепи.

### **Тема 5. Фазовые состояния и структура высокомолекулярных соединений**

Общие представления о фазовых состояниях и фазовых переходах ВМС: агрегатные и фазовые состояния ВМС, фазовые переходы, кристаллизация и стеклование. Особенности упорядоченного состояния ВМС: способность ВМС к кристаллизации, механизм и кинетика кристаллизации, температура плавления ВМС, теплота и энтропия плавления. Надмолекулярные структуры в полимерах: вторичная и третичная структуры. Супрамолекулярные комплексы полимерных молекул: четвертичная структура. Свободный объём и плотность упаковки полимеров. Практическое значение учения о фазовых и физических состояниях ВМС.

### **Тема 6. Высокоэластическое состояние высокомолекулярных соединений**

Упругая деформация. Необратимая деформация течения. Упруговязкое тело (модель Максвелла) и вязкоупругая жидкость (модель Кельвина–Фойхта). Свойство высокоэластичности: эластичность идеального и реального каучука, молекулярная картина высокоэластической деформации, упругость отдельной идеальной цепи и полимерных сеток. Релаксационные процессы: релаксационный характер высокоэластичности, эквивалентность времени и температуры, принцип температурно-временной суперпозиции, ползучесть полимерных материалов. Связь высокоэластической деформации со строением ВМС. Практическое значение релаксационных процессов.

### **Тема 7. Деформационные свойства и механическая прочность высокомолекулярных соединений**

Деформационные свойства ВМС. Деформационные свойства стеклообразных ВМС. Кристаллические полимеры. Механическая прочность и долговечность полимеров. Механизм разрушения полимеров. Флуктуационная теория прочности. Механическая прочность и структура полимеров. Влияние размеров и формы надмолекулярных структур на прочность полимеров. Влияние наполнителей на механические свойства полимеров. Влияние частоты сетки на прочность полимеров.

### **Тема 8. Теория растворов полимеров**

Растворы полимеров, теория Флори–Хаггинса: энтропия смешения при получении атермического раствора, изменение изобарно-изотермического потенциала при растворении полимеров, фазовое равновесие в растворах полимеров. Теория разбавленных растворов полимеров: модель бусинок на гауссовой нити, решёточная модель, представление о  $\theta$ -температуре (температуре Флори), проблема исключённого объёма, переход клубок→глобула. Статистическая теория набухания сетчатых полимеров. Теория Пригожина: чистые жидкости с цепными молекулами, принцип соответствующих состояний, термодинамика смесей жидкостей с цепными молекулами.

### **Тема 9. Вязкость полимерных систем**

Понятие о вязкости: вязкость как мера ответа жидкостей на сдвиг, закон Ньютона–Стокса, динамическая вязкость, кинематическая вязкость. Вязкость разбавленных растворов полимеров: закон Хагена–Пуазёйля, уравнение Эйнштейна, уравнение Муни. Вискозиметрия: относительная, удельная, приведённая, собственная, характеристическая вязкость, уравнения Хаггинса и Крэмера, уравнение Марка–Куна–Хаувинка–Сакурады, уравнение Флори. Вязкость систем с зацеплениями. Теория рептации.

### **Тема 10. Введение в реологию полимерных систем**

Предмет реологии: как материалы отвечают на деформацию. Простейшие случаи деформирования полимеров, развитие установившегося течения. Сложное реологическое поведение: зависимость вязкости от скоростей и напряжений сдвига, наибольшая ньютоновская вязкость полимерных систем, эффективная вязкость. Ньютоновское и неньютоновское (пластичное, псевдопластичное, дилатантное) поведение жидкостей. Неньютоновское течение растворов полимеров. Тиксотропия и реопексия. Нормальные напряжения и высокоэластичность полимерных систем. Динамические свойства и релаксационный спектр. Растяжение. Всестороннее сжатие.

### **Тема 11. Методы определения размеров и формы молекул полимеров в растворах**

Методы определения молекулярных масс: осмометрия, вискозиметрия, метод диффузии, метод ультрацентрифугирования, метод светорассеяния. Определение молекулярно-массового распределения полимеров: кривые распределения. Определение формы молекул полимеров в разбавленных растворах методом двойного лучепреломления: двойное лучепреломление в потоке, двойное лучепреломление в растворах полимеров.

### **3. Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины**

- мультимедийные презентационные материалы по дисциплине «Высокомолекулярные соединения» представлены в электронном курсе в ЭИОС МАУ;
- методические указания к выполнению лабораторных работ представлены в электронном курсе в ЭИОС МАУ;
- методические материалы для обучающихся по освоению дисциплины представлены на официальном сайте МАУ в разделе «Информация по образовательным программам, в том числе адаптированным».

#### 4. Фонд оценочных средств по дисциплине

Фонд оценочных средств (ФОС) является отдельным компонентом образовательной программы, разработан в форме отдельного документа, представлен на официальном сайте МАУ в разделе «Информация по образовательным программам, в том числе адаптированным». ФОС включает в себя:

- перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения дисциплины;
- задания текущего контроля;
- задания промежуточной аттестации;
- задания внутренней оценки качества образования.

**5. Перечень основной и дополнительной учебной литературы** (печатные издания, электронные учебные издания и (или) ресурсы электронно-библиотечных систем)

##### Основная литература

1. **Коновалова, И. Н.** Практикум по химии высокомолекулярных соединений : учеб. пособие для вузов / И. Н. Коновалова, К. В. Реут, Г. И. Берестова. – Мурманск : Изд-во МГТУ, 2005. - 131 с. (Библиотека МАУ – 100 экз.)
2. **Николаев, А. И.** Высокомолекулярные соединения : учеб. пособие / А. И. Николаев, Г. В. Митрофанова. – Мурманск : Изд-во МГТУ, 2011. – 286 с. (Библиотека МАУ – 10 экз.)
3. **Семчиков, Ю. Д.** Высокомолекулярные соединения: учебник для вузов / Ю. Д. Семчиков. – М. : Академия, 2005. – 368 с. (Библиотека МАУ – 45 экз.)
4. **Тагер А. А.** Физико-химия полимеров. Изд. 4-е, перераб. и доп. / А. А. Тагер. – М. : Научный мир, 2007. – 576 с.

##### Дополнительная литература

5. **Назаров, В. В.** Практикум и задачник по коллоидной химии. Поверхностные явления и дисперсные системы / В. В. Назаров [и др.], под ред. В. В. Назарова, А. С. Гродского. – М. : ИКЦ «Академкнига», 2007. – 374 с. : ил. (Библиотека МАУ – 30 экз.)
6. **Малкин, А. Я.** Реология: концепции, методы, приложения / А. Я. Малкин, А. И. Исаев. – СПб. : ЦОП «Профессия», 2010. – 560 с. (Библиотека МАУ – 3 экз.)
7. **Рабек, Я.** Экспериментальные методы в химии полимеров / Я. Рабек. В 2 ч. Ч. 1. – М. : Мир, 1983. – 384 с. : ил. (Библиотека МАУ – 1 экз.)
8. **Рабек, Я.** Экспериментальные методы в химии полимеров / Я. Рабек. В 2 ч. Ч. 2. – М. : Мир, 1983. – 480 с. : ил. (Библиотека МАУ – 1 экз.)
9. **Холмберг, К.** Поверхностно-активные вещества и полимеры в водных растворах / К. Холмберг [и др.]. – М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2007. – 528 с. (Библиотека МАУ – 3 экз.)
10. **Хохлов, А. Р.** Лекции по физической химии полимеров / А. Р. Хохлов, С. И. Кучанов. – М. : Мир, 2000. – 192 с.

##### 6. Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1) *Государственная система правовой информации - официальный интернет-портал правовой информации* - URL: <http://pravo.gov.ru>

2) *Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам»* - URL: <http://window.edu.ru>

3) *Справочно-правовая система. Консультант Плюс* - URL: <http://www.consultant.ru/>

4) *Электронно-библиотечная система «Издательства «ЛАНЬ»* <http://e.lanbook>

5) Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека онлайн»  
<http://bibli>

6) Электронно-библиотечная система «Консультант студента»  
<http://www.studentlibrary.ru/>

Материалы, находящиеся в свободном доступе на следующих сайтах:

<http://chemexpress.fatal.ru>

<http://www.xumuk.ru>

<http://wikipedia.ru>

<http://www.chemport.ru>

<http://djvu-inf.narod.ru/nclib.htm>

## **7. Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства**

1) *Офисный пакет Microsoft Office 2007*

2) *Система оптического распознавания текста ABBYY FineReader*

3) Офисный пакет Microsoft Office 2010 Russian Academic OPEN, лицензия № 47233444 от 30.07.2010 (договор 32/285 от 27.07.2010 г.)

4) Антивирус Dr.Web Desktop Security Suite (комплексная защита), антивирус Dr.Web Server Security Suite (серверный) (договор №7689 от 23.07.2018, договор №7236 от 03.11.2017, договор №810-000046 от 26.06.2017)

## **8. Обеспечение освоения дисциплины лиц с инвалидностью и ОВЗ**

Обучающиеся из числа инвалидов и лиц с ОВЗ обеспечиваются печатными и (или) электронными образовательными ресурсами в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья.

**9. Материально-техническое обеспечение дисциплины** представлено в приложении к ОПОП «Материально-технические условия реализации образовательной программы» и включает:

- учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных программой бакалавриата, оснащенные оборудованием и техническими средствами обучения;
- помещения для самостоятельной работы обучающихся, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа к электронной информационно-образовательной среде МАУ;
- лаборатория физической и коллоидной химии.

Не допускается замена оборудования его виртуальными аналогами.

## 10. Распределение трудоемкости по видам учебной деятельности

Таблица 1 – Распределение трудоемкости

Вид учебной нагрузки **	Распределение трудоемкости дисциплины по формам обучения										
	Очная				Очно-заочная				Заочная		
	Семестр			Всего часов	Семестр			Всего часов	Семестр/Курс		Всего часов
	6										
Лекции	45			45							
Практические работы	-			-							
Лабораторные работы	75			75							
Контактная работа для выполнения курсовой работы (проекта)	-			-							
Самостоятельная работа	24			24							
Выполнение курсовой работы (проекта)	-			-							
Подготовка к промежуточной аттестации (контроль)	-			-							
Всего часов по дисциплине	144			144							

### Формы промежуточной аттестации и текущего контроля

Экзамен	-										
Зачет/зачет с оценкой	-/+										
Курсовая работа (проект)	-										
Количество расчетно-графических работ	-										
Количество контрольных работ	-										
Количество рефератов	-										
Количество эссе	-										

### Перечень лабораторных работ

№ п/п	Темы лабораторных работ
<b>Очная форма</b>	
<b>6 семестр</b>	
1.	Методы получения полимеров. Получение поливинилацетата. Определение состава и растворимости полученного сополимера
2.	Изучение деструкция линейного алифатического полиэфира в растворе
3.	Определение молекулярной массы полимера методом вискозиметрии
4.	Определение молекулярной массы полимеров методом криоскопии
5.	Определение молекулярной массы полимеров методом нефелометрии
6.	Определение размеров частиц латексов по уравнению Рэлея
7.	Определение размеров частиц латексов по уравнению Геллера
8.	Адсорбционное титрование латексов
9.	Определение электрофоретической подвижности и электрокинетического потенциала латексных частиц
10.	Нефелометрическое исследование кинетики коагуляции латексов
11.	Определение порогов быстрой коагуляции и проверка правила Шульце–Гарди
12.	Изучение полиэлектролитного набухания полимеров различной природы
13.	Определение изоэлектрической точки желатина турбидиметрическим методом
14.	Определение изоэлектрической точки желатина вискозиметрическим методом
15.	Изучение влияния концентрации растворов полимеров на их вязкость с помощью капиллярного вискозиметра
16.	Изучение влияния концентрации растворов полимеров на их вязкость с помощью ротационного вискозиметра
17.	Изучение реологических свойств растворов полимеров с помощью ротационного вискозиметра
18.	Реологические свойства адсорбционных полимерных плёнок