

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова»  
Химический факультет

УТВЕРЖДАЮ

И.о. декана химического факультета,  
Чл.-корр. РАН, профессор



/С.Н. Калмыков/

«20» мая 2019 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

**Растворы полимеров**

**Уровень высшего образования:**  
Специалитет

---

**Направление подготовки (специальность):**

04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия

**Направленность (профиль) ОПОП:**

Высокомолекулярные соединения

**Форма обучения:**

очная

---

Рабочая программа рассмотрена и одобрена  
Учебно-методической комиссией факультета  
(протокол №3 от 13.05.2019)

Москва 2019

Рабочая программа дисциплины разработана в соответствии с самостоятельно установленным МГУ образовательным стандартом (ОС МГУ) для реализуемых основных профессиональных образовательных программ высшего образования по направлению подготовки / специальности 04.05.01 «Фундаментальная и прикладная химия» (программа специалитета), утвержденного приказом МГУ от 29 декабря 2018 года № 1770 (с изменениями по приказу № 1109 от 11.09.2019).

Год (годы) приема на обучение 2019/2020, 2020/2021

1. Место дисциплины (модуля) в структуре ООП: вариативная часть ООП, блок ПД.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников). Соответствие результатов обучения по данному элементу ОПОП результатам освоения ОПОП (в форме компетенция – индикатор - ЗУВ) указано в Общей характеристике ОПОП.

Компетенция	Индикатор достижения	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю)
СПК-1.С Владеет современными теоретическими и экспериментальными методами исследования высокомолекулярных соединений и материалов на их основе, способен использовать эти методы при решении задач в профессиональной деятельности	СПК-1.С.1 Предлагает возможные расчетно-теоретические методы изучения полимерных систем при решении поставленной задачи	<b>Знать:</b> теоретические основы методов исследования механических свойств полимеров <b>Владеть:</b> способностью использовать экспериментальные и теоретические методы при исследовании механических свойств полимеров
	СПК-1.С.2 Предлагает возможные экспериментальные методы изучения полимерных систем при решении поставленной задачи	<b>Уметь:</b> предлагать методы исследования механических свойств полимеров в соответствии с заданной научной задачей
СПК-2.С. Способен синтезировать высокомолекулярные соединения и проводить их химическую модификацию с использованием современных экспериментальных методов химии полимеров	СПК-2.С.1 проводит синтез высокомолекулярных соединений по существующим методикам	<b>Знать:</b> современные представления о растворах полимеров в контексте их синтеза и модификации <b>Уметь:</b> прогнозировать особенности реакций получения полимеров, обусловленных свойствами растворов
	СПК-2.С.2 проводит химическую модификацию ВМС с использованием современных экспериментальных методов химии полимеров	<b>Владеть:</b> способностью предлагать методы синтеза и модификации полимеров с целью получения вещества с заданными механическими свойствами
СПК-3.С. Способен использовать теоретические основы физической химии растворов высокомолекулярных соединений, в том числе полиэлектролитов, в практической деятельности	СПК-3.С.1 Использует теоретические основы физической химии растворов высокомолекулярных соединений при планировании исследований ВМС	<b>Знать:</b> современные представления о физической химии и реологии растворов полимеров <b>Уметь:</b> прогнозировать свойства растворов полимеров исходя из их химического строения <b>Владеть:</b> способностью использовать знания о растворах полимеров при исследовании полимеров

<p><b>СПК-4.С.</b> Владеет современными представлениями о структуре и физических (в том числе механических) свойствах полимеров, способность применять их на практике</p>	<p><b>СПК-4.С.1</b> Использует корреляции «структура – свойство» при получении полимерных материалов с заданными свойствами</p>	<p><b>Знать:</b> взаимосвязь между свойствами растворов полимеров и их структурой и механическими свойствами  <b>Уметь:</b> прогнозировать свойства растворов полимеров с учётом их структуры  <b>Владеть:</b> способностью применять на практике знания о взаимосвязи структуры и свойств растворов полимера (в том числе характеристиках процесса растворения)</p>
<p><b>СПК-5.С.</b> Готов применять знание теоретических основ современной технологии синтеза полимеров и переработки полимерных материалов в профессиональной деятельности</p>	<p><b>СПК-5.С.1</b> Предлагает способы масштабирования лабораторных методик синтеза полимеров и переработки полимерных материалов</p>	<p><b>Знать:</b> взаимосвязь между технологией переработки полимеров и их свойствами их растворов  <b>Уметь:</b> прогнозировать свойства растворов полимеров в тех или иных технологических условиях  <b>Владеть:</b> способностью использовать знания о свойствах растворов полимеров при разработке технологии получения и переработки полимеров</p>

3. Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических или астрономических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся:

*Объем дисциплины (модуля) составляет 2 зачетных единицы, всего 72 часа, из которых 32 часа составляет контактная работа студента с преподавателем (14 часов занятия лекционного типа, 14 часов занятия семинарского типа, 2 часа – групповые консультации, 2 часа – промежуточный контроль успеваемости), 40 часов составляет самостоятельная работа студента.*

4. Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия.

Обучающийся должен

**знать:** основы науки о полимерах;

**уметь:** работать с научной литературой и лекционным материалом, анализировать графики функций, проводить элементарные математические преобразования и вычисления;

**владеть:** методами математической обработки экспериментальных величин, в том числе с использованием математической статистики.

5. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам.

<p><b>Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля),</b></p>	<p><b>Всего (часы)</b></p>	<p><b>В том числе</b></p>	
		<p><b>Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы</b> из них</p>	<p><b>Самостоятельная работа обучающегося, часы</b> из них</p>
-	-	-	-

		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Групповые консультации	Индивидуальные консультации	Учебные занятия, направленные на проведение текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации	<b>Всего</b>	Выполнение домашних заданий	Подготовка рефератов и т.п.	<b>Всего</b>
Классификация растворов полимеров	10	2	2				4	6		6
Фазовые равновесия в растворах полимеров	12	2	2				4	8		8
Растворы полимеров в хорошем растворителе	12	4	2				6	6		6
Динамические свойства растворов полимеров	10	2	2				4	6		6
Растворы полимеров в плохом растворителе	12	2	4				6	6		6
Методы исследования и применение растворов полимеров	10	2	2				4	6		6
Промежуточная аттестация <i>зачет</i>	6			2		2	4		2	2
<b>Итого</b>	<b>72</b>	<b>14</b>	<b>14</b>	<b>2</b>		<b>2</b>	<b>32</b>	<b>38</b>	<b>2</b>	<b>40</b>

#### 6. Образовательные технологии:

- применение компьютерных симуляторов, обработка данных на компьютерах, использование компьютерных программ, управляющих приборами;
- использование средств дистанционного сопровождения учебного процесса;
- преподавание дисциплин в форме авторских курсов по программам, составленным на основе результатов исследований научных школ МГУ.

#### 7. Учебно-методические материалы для самостоятельной работы по дисциплине (модулю):

Студентам предоставляется программа курса, план занятий и задания для самостоятельной работы, презентации к лекционным занятиям.

## 8. Ресурсное обеспечение:

- Перечень основной и вспомогательной учебной литературы ко всему курсу

Со всех компьютеров МГУ организован доступ к полным текстам научных журналов и книг на русском и иностранных языках. Доступ открыт по IP-адресам, логин и пароль не требуются: <http://nbgmu.ru/>

### Основная литература

1. Высокомолекулярные соединения (под ред. А.Б. Зезина) Учебник, М.: Юрайт, 2016.
2. Методические пособия по разделам науки о полимерах на сайте кафедры <http://vmsmsu.ru/what.html>

### Дополнительная литература

1. Ю.Д.Семчиков Высокомолекулярные соединения, Учебник, -М. Изд «Академия». 2006, 386 с.
  2. В.В.Киреев. Высокомолекулярные соединения. Учебник. М., изд-во Высшая школа, 1992
  3. В.Н.Кулезнёв, В.А.Шершнёв Химия и физика полимеров, Учебник - М. КолосС, 2007
  4. A.S. Ushakova, E.N. Govorun, A.R. Khokhlov, Globules of Amphiphilic Macromolecules - J. Phys.: Condens. Matter, 2006, vol.18(3),p.915.
  5. A.A.Askadskii, A.R.Khokhlov, Introduction to Physico-Chemistry of Polymers. - Moscow, Scientific World, 2009
  6. де Жен П.-Ж., Идеи скейлинга в физике полимеров. -М.: Мир, 1982.
  7. А. Ю. Гросберг, А. Р. Хохлов, «Статистическая физика макромолекул». - М.: Наука, 1989.
  8. Дой М., Эдвардс С., Динамическая теория полимеров. – М.: Мир, 1998.
  9. N.A.Plate, A.D.Litmanovich, O.V.Noah, Macromolecular Reactions. Peculiarities, Theory and Experimental Approaches. - John Wiley and Sons Ltd., Chichester - New York - Brisbane - Toronto - Singapore, 1995
  10. Е.Феттес. «Химические реакции полимеров». М., «Мир», 1967.
  11. А.Ю. Гросберг, А.Р. Хохлов. Статистическая физика макромолекул. М. «Наука», 1989.
  12. Гросберг А.Ю., Хохлов А.Р. Полимеры и биополимеры с точки зрения физики. - Долгопрудный. Издат. дом «Интеллект», 2010
  13. Научно-популярные статьи на сайте кафедры <http://welcome.vmsmsu.ru/papers.html>
- Материально-техническое обеспечение: специальных требований нет, занятия проводятся в обычной аудитории, оснащенной доской и мелом (маркерами)
9. Язык преподавания – русский
10. Преподаватели: к.х.н. доц. Литманович Е.А.

## Фонды оценочных средств, необходимые для оценки результатов обучения

Образцы оценочных средств для текущего контроля усвоения материала и промежуточной аттестации - зачёта. На зачёте проверяется достижение промежуточных индикаторов компетенций, перечисленных в п.2.

### Теоретические контрольные вопросы и практические контрольные задания

1. Перечислить концентрационные режимы растворов полимеров. Дать определение концентрации кроссовера.
2. Чем отличаются свойства разбавленных и полуразбавленных растворов полимеров?
3. Какими методами можно экспериментально оценить термодинамическое качество растворителя?.
4. Что такое бинадаль, спинодаль и критическая температура растворения?
5. Что такое тета-состояние раствора полимера?
6. Как экспериментально определить тета-температуру раствора полимера?
7. Чем отличаются переходы клубок-глобула в растворах гибкоцепных и жесткоцепных полимеров?
8. Какую информацию о макромолекулах в растворе можно получить методом вискозиметрии?
9. Какую информацию о макромолекулах в растворе можно получить методом статического светорассеяния?
10. Какую информацию о макромолекулах в растворе можно получить методом динамического светорассеяния?
11. Сравните исключенный объем макромолекулы в хорошем, плохом и тета-растворителе.
12. Рассчитать осмотическое давление раствора крахмала в воде, концентрация 5 г/л, температура 342 К, универсальная газовая постоянная  $R$  равна 0,082 л·атм/(моль·К). Раствор считать идеальным.
13. Оценить объемную долю звеньев в полимерном клубке в тета-растворителе при степени полимеризации 10 000.
14. Опишите состояние макромолекулы в полуразбавленном растворе с использованием понятия блобов.
15. Опишите состояние макромолекулы в узкой поре с использованием скейлинговой модели.

### Вопросы к зачету

1. Концентрационные режимы растворов полимеров: разбавленные, полуразбавленные, концентрированные растворы. Понятие кроссовера. Уравнение состояния разбавленного раствора полимера. Осмотическое давление. Термодинамическое качество растворителя.
2. Решеточная модель Флори-Хаггинса для полуразбавленных растворов. Фазовая диаграмма раствора полимера. Бинадаль и спинодаль. Расчет критической точки растворения. Недостатки теории Флори-Хаггинса.
3. Диаграммы точек помутнения. Верхняя и нижняя критические температуры растворения. Понятие  $\theta$  – условий. Экспериментальные методы определения  $\theta$  – температуры.

4. Свойства изолированных макромолекул в хорошем растворителе. Радиус Флори в пространстве размерности  $d$ . Понятие бляба. Скейлинговая модель полимерной цепи в объеме раствора, в плоской щели и в узкой трубке. Статистика полимерного клубка в атермическом растворителе.
5. Полуразбавленные растворы полимеров в атермическом растворителе. Расчет концентрации кроссовера, размера цепи и радиуса корреляции. Осмотическое давление полуразбавленного раствора. Сравнение результатов теории Флори-Хаггинса и метода скейлинговых оценок.
6. Динамика полимерных цепей в разбавленном растворе. Персистентная длина и персистентное время. Модели Рауза, Кирквуда, Куна. Динамика систем многих цепей. Модель рептаций. Понятие трубки. Коллективные моды.
7. Исключенный объем макромолекул в разбавленных и полуразбавленных растворах. Переход клубок – глобула.
8. Принципы фракционирования полимеров. Фракционное осаждение и фракционное растворение. Восстановление функции молекулярно-массового распределения. Эффективность фракционирования. Фракционирование сополимеров по методу Розенталя и Уайта.
9. Вискозиметрия как метод исследования макромолекул в растворах. Динамическая вязкость, кривые течения, аномалия вязкости. Вискозиметрия разбавленных растворов.
10. Рассеяние света растворами полимеров. Статическое светорассеяние и фотон-корреляционная спектроскопия.
11. Применение полимеров в процессах водоочистки и обезвоживания суспензий.

#### Методические материалы для проведения процедур оценивания результатов обучения

Шкала оценивания знаний, умений и навыков является единой для всех дисциплин (приведена в таблице ниже)

<b>ШКАЛА И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТА ОБУЧЕНИЯ по дисциплине (модулю)</b>				
Оценка \ Результат	2	3	4	5
Знания	Отсутствие знаний	Фрагментарные знания	Общие, но не структурированные знания	Сформированные систематические знания
Умения	Отсутствие умений	В целом успешное, но не систематическое умение	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение (допускает неточности непринципиального характера)	Успешное и систематическое умение
Навыки (владения)	Отсутствие навыков	Наличие отдельных навыков	В целом, сформированные навыки, но не в активной форме	Сформированные навыки, применяемые при решении задач

<b>РЕЗУЛЬТАТ ОБУЧЕНИЯ по дисциплине (модулю)</b>	<b>ФОРМА ОЦЕНИВАНИЯ</b>
--	-------------------------



<p><b>Знать:</b> теоретические основы методов исследования растворов полимеров</p> <p><b>Знать:</b> современные представления о растворах полимеров в контексте их синтеза и модификации</p> <p><b>Знать:</b> современные представления о физической химии и реологии растворов полимеров</p> <p><b>Знать:</b> взаимосвязь между свойствами растворов полимеров, их структурой и механическими свойствами</p> <p><b>Знать:</b> взаимосвязь между технологией переработки полимеров и их свойствами их растворов</p>	<p>мероприятия текущего контроля успеваемости, устный опрос на зачете</p>
<p><b>Уметь:</b> предлагать методы исследования растворов полимеров в соответствии с заданной научной задачей</p> <p><b>Уметь:</b> прогнозировать особенности реакций получения полимеров, обусловленных свойствами растворов</p> <p><b>Уметь:</b> прогнозировать свойства растворов полимеров исходя из их химического строения</p> <p><b>Уметь:</b> прогнозировать свойства растворов полимеров с учётом их структуры</p> <p><b>Уметь:</b> прогнозировать свойства растворов полимеров в тех или иных технологических условиях</p>	<p>мероприятия текущего контроля успеваемости, контрольные вопросы, устный опрос на зачёте</p>
<p><b>Владеть:</b> способностью использовать экспериментальные и теоретические методы при исследовании растворов полимеров</p> <p><b>Владеть:</b> способностью предлагать растворные методы синтеза и химической модификации полимеров с целью получения вещества с заданными свойствами</p> <p><b>Владеть:</b> способностью использовать знания о растворах полимеров при исследовании полимеров</p> <p><b>Владеть:</b> способностью применять на практике знания о взаимосвязи структуры и свойств растворов полимера (в том числе характеристиках процесса растворения)</p> <p><b>Владеть:</b> способностью использовать знания о свойствах растворов полимеров при разработке технологии получения и переработки полимеров</p>	<p>мероприятия текущего контроля успеваемости, практические контрольные задачи, устный опрос на зачёте</p>