

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/

«30» августа 2019 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

**Методы науки о полимерах**

**Уровень высшего образования:**

Магистратура

---

**Направление подготовки (специальность):**

04.04.01 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 (модуля) разработана в соответствии с самостоятельно установленным МГУ образовательным стандартом (ОС МГУ) для реализуемых основных профессиональных образовательных программ высшего образования по направлению подготовки 04.04.01 «Химия» (программа магистратуры) в редакции приказа МГУ от 30 августа 2019 г., №1033.

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	Индикаторы достижения	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю)
СПК-1. Способен использовать современные теоретические и экспериментальные методы исследования высокомолекулярных соединений и материалов на их основе	СПК-1.М.1. Предлагает экспериментальные методы для решения задач из области науки о полимерах	<b>Знать:</b> теоретические основы современных экспериментальных методов в науке о полимерах <b>Знать:</b> общие принципы экспериментальных методов исследования полимеров как способ получения детальной информации об их строении, свойствах и молекулярных характеристиках <b>Уметь:</b> осмысленно решать конкретные лабораторные задачи с использованием новых и разнообразных методов исследования полимеров <b>Уметь:</b> решать задачи по подготовке к эксперименту и обработке полученных данных
	СПК-1.М.2. Предлагает расчётно-теоретические методы и подходы для решения задач из области науки о полимерах	<b>Знать:</b> теоретические основы методов исследования полимеров и принципы их конструирования <b>Владеть:</b> Теоретическими основами методов исследования полимеров и численными методами моделирования полимерных систем

3. Объем дисциплины (модуля) составляет 3 зачетных единицы, всего 108 часа, из которых 88 часов составляет контактная работа студента с преподавателем (38 часов занятия лекционного типа, 38 часов занятия семинарского типа, 10 часов – индивидуальные консультации, 2 часа – промежуточный контроль успеваемости), 20 часов составляет самостоятельная работа студента.

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

Обучающийся должен

**знать:** основы общей и физической химии, математической статистики и теории вероятностей, механики;

**уметь:** анализировать графики и строить их по заданным аналитическим функциям;

**владеть:** общими методами аналитического и физического эксперимента.

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

Наименование и краткое содержание	Всего	В том числе
-----------------------------------	-------	-------------

жание разделов и тем дисциплины (модуля),  форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	(часы)	Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них					Самостоятельная работа обучающегося, часы из них			
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Групповые консультации	Индивидуальные консультации	Учебные занятия, направленные на проведение текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации (*)	Всего	Выполнение домашних заданий	Подготовка рефератов. П.	Всего
Гель-проникающая хроматография (ГПХ)	<b>10</b>	4	4		1		<b>9</b>	1		<b>1</b>
Светорассеяние	<b>10</b>	4	4		1		<b>9</b>	1		<b>1</b>
ИК-спектроскопия	<b>10</b>	4	4		1		<b>9</b>	1		<b>1</b>
Флуоресцентные методы	<b>10</b>	4	4		1		<b>9</b>	1		<b>1</b>
Электронный парамагнитный резонанс (ЭПР)	<b>8</b>	3	3		1		<b>7</b>	1		<b>1</b>
Рентгеноструктурный анализ (РСА)	<b>10</b>	4	4		1		<b>9</b>	1		<b>1</b>
Термический анализ	<b>10</b>	4	4		1		<b>9</b>	1		<b>1</b>
Методы исследования механических свойств полимеров	<b>10</b>	4	4		1		<b>9</b>	1		<b>1</b>

Сканирующая зондовая микроскопия	<b>10</b>	4	4		1		<b>9</b>	1		<b>1</b>
Электронная микроскопия	<b>8</b>	3	3		1		<b>7</b>	1		<b>1</b>
Промежуточная аттестация <i>зачет</i>	<b>12</b>					2	<b>2</b>			<b>10</b>
<b>Итого</b>	<b>108</b>	<b>38</b>	<b>38</b>		<b>10</b>	<b>2</b>	<b>88</b>	10		<b>20</b>

(\*). Текущий контроль осуществляется в рамках семинарских занятий

#### 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://nbmgu.ru/>

#### Основная литература

1. Методические пособия по теоретическим основам экспериментальных методов на сайте кафедры <http://vmsmsu.ru/what.html>

#### Дополнительная литература

1. Беленький Б.Г., Виленчик Л.З. «Хроматография полимеров». М.: 1978.
2. П.Д.Жен. Идеи скейлинга в физике полимеров. М.: Мир, 1982. 368 с.
3. Дехант И., Данц Р., Киммер В., Шмольке Р., Инфракрасная спектроскопия полимеров, Учебник М.: Химия, 1976.

4. Основы аналитической химии. Ю.А. Золотов, Е.Н. Дорохова, В.И. Фадеева и др. М.: Высш. шк., 2002.
5. Эллиот А., Инфракрасные спектры и структура полимеров, Учебник М.: Мир, 1972.
6. Паркер С. Фото-люминесценция растворов, Мир, 1972, 512 с.
7. Лакович Дж. Основы флуоресцентной спектроскопии, Мир, 1986, 496 с.
8. Вертц Дж., Болтон Дж. Теория и практические приложения метода ЭПР, М.: Мир, 1975.
9. P.H.Rieger. Electron Spin Resonance. Analysis and Interpretation. Cambridge: The Royal Society of Chemistry, 2007, 186 p.
10. Хохлов А.Р., Кучанов С.И. Лекции по физической химии полимеров. М.: Мир, 2000., 192 с.
11. А. Тобольский Структура и свойства полимеров М.: Химия, 1964.
12. **А.А. Аскадский, А.Р. Хохлов. Введение в физико-химию полимеров. М.: Научный мир, 2009.**
13. Д.Х.Джейл. Полимерные монокристаллы. Глава 2, 1968.
14. В.А.Берштейн, В.М.Егоров. Дифференциальная сканирующая калориметрия в физикохимии полимеров. Л.:Химия, 1990.
15. Ю.К.Годовский. Теплофизические методы исследования полимеров. М.:Химия, 1976.
16. В.А. Каргин, Г.Л. Слонимский. Краткие очерки по физико-химии полимеров. М.: Химия., 1967
17. В.Н. Кулезнев, В.А. Шершнева Химия и физика полимеров. М.:Высш. шк., 1988.
18. С. Л. Баженов, А. А. Берлин, А. А. Кульков, В. Г. Ошмян. Полимерные композиционные материалы. Долгопрудный: Интеллект, 2010.
19. Большакова А.В., Киселева О.И., Никонорова Н.И., Яминский И.В. Сканирующая зондовая микроскопия блоксополимеров/. Учебное пособие, описание задачи лабораторного практикума — М.: Центр перспективных технологий, 2011, 25 с.
20. Г.Шиммель. Методика электронной микроскопии. Главы 5,6, 1972.
21. Справочник по микроскопии для нанотехнологии. Под ред. Нан Яо, Чжун Лин Ван. – М.: Научный мир, 2011, 712 с.
22. P. Eaton, P. West. Atomic force microscopy, Oxford University Press, 2010. ISBN: 978-0199570454.
23. Миронов В.Л Основы сканирующей зондовой микроскопии. М/: Техносфера, 2004
24. Пытьев Ю. П., Шишмарев И. А. Курс теории вероятностей и математической статистики для физиков : Учеб. пособие. - М.: Изд-во Моск. ун-та, 1983. — 256 с.
25. Колмогоров А. Н., Журбенко И. Г., Прохоров А. В. Введение в теорию вероятностей : - М., Наука, 1982. - 160 с. - Библ-ка "Квант". Выпуск 23
26. Булинский А. В., Ширяев А. Н. Теория случайных процессов : - М., ФИЗМАТЛИТ, 2005. - 408 с.
27. Худсон Д. Статистика для физиков, лекции по теории вероятностей и элементарной статистике: - М., МИР, 1970. – 295 с.
28. Ширванянц Д.Г., Халатур П.Г. Компьютерное моделирование полимеров : - Учеб. пособие. – Тверь :Твер. гос. ун-т, 2000. – 156 с.
29. Kremer K., Grest G.S. Monte Carlo and Molecular Dynamics Simulation in Polymer Science: Ed. K. Binder New York : Oxford University Press, 1995. P. 194.

#### Интернет-ресурсы

1. [vmsmsu.ru](http://vmsmsu.ru)

2. <http://learn.femtoscanonline.com> – задачи дистанционного практикума по теме «Сканирующая зондовая микроскопия» на русском и английском языках.
3. <http://www.femtoscanonline.com/wiki/ru/start> - описание ПО для обработки данных микроскопии «ФемтоСкан Онлайн»
4. <http://www.youtube.com/femtoscanonline> - видео уроки по обработке микроскопических данных ПО «ФемтоСкан Онлайн»
5. <http://www.nanoscopy.org/Applications.shtml> - настройка обратной связи в СЗМ в онлайн режиме на весовой модели зондового микроскопа/ Методические указания к лабораторным занятиям

Материально-техническое обеспечение: специальных требований нет, занятия проводятся в обычной аудитории, оснащенной доской и мелом (фломастерами)

9. Язык преподавания – русский

10. Преподаватели:

к.х.н., старший научный сотрудник Гарина Елизавета Семеновна, кафедра высокомолекулярных соединений химического факультета МГУ

к.х.н., доцент Литманович Екатерина Аркадьевна, кафедра высокомолекулярных соединений химического факультета МГУ

к.х.н., доцент Спиридонов Василий Владимирович, кафедра высокомолекулярных соединений химического факультета МГУ.

к.ф.-м.н., старший научный сотрудник Зезин Сергей Борисович, кафедра высокомолекулярных соединений химического факультета МГУ.

к.х.н., старший научный сотрудник Гроховская Татьяна Евгеньевна, кафедра высокомолекулярных соединений химического факультета МГУ

к.х.н., старший научный сотрудник Ефимов Александр Валерьевич, кафедра высокомолекулярных соединений химического факультета МГУ

к.ф.-м.н., старший научный сотрудник Большакова Анастасия Владимировна, кафедра высокомолекулярных соединений химического факультета МГУ

к.х.н., доцент Ефимова Анна Александровна, кафедра высокомолекулярных соединений химического факультета МГУ.

#### **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.

- контрольных вопросов;

1. Полимерный образец на 99% по массе состоит из макромолекул с молекулярной массой 100000, но содержит 1% макромолекул с молекулярной массой 100. Рассчитайте коэффициент полидисперсности  $M_w/M_n$  образца.
2. Рассчитайте теоретическую среднечисловую молекулярную массу  $M_n$  полистирола ( $m_0 = 104$  г/моль), полученного псевдоживой радикальной полимеризацией, которая прошла до степени превращения мономера, равной 0.04. Начальная концентрация  $[M]_0$  стирола равна 8.7 моль/л, начальная концентрация инициатора  $[I]_0$  равна  $10^{-3}$  моль/л.
3. В результате ГПХ-анализа получено ММР полиметилметакрилата, синтезированного радикальной полимеризацией с обрывом цепей путем как рекомбинации, так и диспропорционирования. ММР представляет собой распределение Шульца, для которого  $M_z:M_w:M_n = (k+3):(k+2):(k+1)$ . Найдите интервал возможных значений параметра  $k$ .
4. Измерение размеров макромолекул методами статического и динамического светорассеяния.
5. Как определить  $\theta$ -температуру раствора полимера методом светорассеяния?
6. Как и почему метод светорассеяния позволяет определить термодинамическое качество растворителя?
7. Приведите факторы, влияющие на следующие характеристики ИК-спектров: интенсивность, ширина линии.
8. Каковы особенности ИК-спектроскопии полимеров в сравнении с низкомолекулярными веществами?
9. Понятие о люминесценции, флуоресценции и фосфоресценции. Диаграмма Яблонского.
10. Положение спектров эмиссии и поглощения, правило зеркальной симметрии, закон Стокса
11. Как влияет длина волны возбуждающего света на положение спектра и интенсивность флуоресценции? Спектр возбуждения и его использование в аналитических целях
12. Время жизни возбужденного состояния, статическое и динамическое тушение
13. Какие изменения в распределении неспаренных электронов по энергетическим уровням происходят при помещении парамагнитного вещества в постоянное магнитное поле? Что изменится при дополнительном наложении на эту систему еще и электромагнитного излучения?
14. Какую информацию о парамагнитном веществе можно получить, изучая его спектр ЭПР?
15. Что такое сверхтонкая структура спектра ЭПР?
16. При каких условиях возможно наблюдение дифракции?
17. Понятие о пространственной решетке, элементарной ячейке и пространственной структуре.
18. Приведите дифракционные картины от монокристаллических образцов, поликристаллических образцов, аморфных веществ.
19. Как оценить степень ориентации кристаллитов?
20. Определение параметров решетки кристаллитов методом РСА.
21. Чем отличаются фазовые переходы 1-ого и 2-ого рода? Примеры фазовых переходов.
22. Какими методами термического анализа можно определить  $T_c$  полимера? Нарисуйте примеры кривых, полученных этими методами.
23. Принцип устройства термомеханического анализатора. Какие свойства полимеров можно изучать с помощью ТМА?
24. Какие сведения о полимерах можно получить с помощью термогравиметрического анализа?
25. Модуль упругости сшитого каучука при температуре 20°C составляет 0.1 МПа. Рассчитайте молекулярную массу отрезка цепи между сшивками.



26. Сшитый каучук характеризуется молекулярной массой отрезка цепи между сшивками 10000 г/моль. Чему будет равен модуль упругости каучука при температуре 20°C?
27. При растяжении ориентированного волокна изотактического полипропилена диаметром 0,2 мм получены следующие значения нагрузки в зависимости от величины относительной деформации полимера:
- 0.5% - 0.1 кг
  - 1% - 0.2 кг
  - 1.5% - 0.3 кг
  - 2% - 0.4 кг
  - 4% - 5 кг
  - 10% - 10 кг

Определить модуль упругости волокна.

28. Пластину аморфного полистирола толщиной 0.1 мм, шириной 20 мм растягивали при комнатной температуре. Удлинение образца при разрыве составило 0.5 мм, нагрузка при разрыве равна 10 кг. Определите прочность образца полистирола и значение относительного удлинения при разрушении образца.
29. Опишите методы нанолитографии на полимерных материалах с использованием сканирующей зондовой микроскопии. Какие полимеры наилучшим образом подходят для записи информации?
30. Какую информацию позволяют получить сканирующая резистивная, электростатическая и кельвиновская микроскопия при изучении проводящих полимеров?
31. Каковы основные возможности и достижения сканирующей зондовой микроскопии в изучении биополимеров и биомакромолекул? Какие подложки наиболее часто используются для нанесения биологических объектов?
32. Что такое сканирующая силовая микроскопия полимерных молекул? Какую силу надо приложить, чтобы разорвать одну полимерную молекулу? Как осуществить эксперимент по растяжению и разрыву молекулы ДНК?
33. Нарисуйте принципиальную схему формирования изображения в СЭМ
34. Перечислите основные методы приготовления образцов для ПЭМ
35. В чем сущность явления сферической аберрации?
36. Какие требования к образцу предъявляются для изучения его методами ПЭМ и СЭМ?
37. Разрешающая способность микроскопа и разрешение изображения – в чем разница?

### Вопросы к зачету

1. Как определить молекулярную массу полимера методом статического светорассеяния.
2. Какую информацию и каким образом можно получить методом динамического светорассеяния?
3. Какую информацию о полимерах позволяет получать метод ИК-спектроскопии?
4. Использование метода флуоресценции для исследования полимеров.
5. Какие объекты и процессы исследуют методом ЭПР?

6. Понятие интерференции волн.
7. Понятие дифракции волн.
8. Формула Вульфа-Брэгга.
9. Какие процессы, происходящие в полимерах, можно изучать с помощью методов термического анализа?
10. Как определить модуль упругости полимера?
11. Какими методами можно определить температуру стеклования полимера?
12. Термомеханические кривые линейных и сшитых полимеров.
13. Термомеханические кривые аморфизованных полимеров.
14. В каких единицах измеряются модуль упругости материала, прочность, относительное удлинение при разрыве?
15. Метод сканирующей зондовой микроскопии.
16. Какую информацию о полимере можно получить, используя метод сканирующей электронной микроскопии?
17. Какую информацию можно получить методом просвечивающей электронной микроскопии?
18. Какую информацию можно получить методом сканирующей электронной микроскопии?
19. Основные направления использования компьютерной техники в профессиональной деятельности научного сотрудника-химика. Классификация этапов развития функциональных возможностей компьютеров.
20. Анализ результатов эксперимента. Проверка теоретических значений и зависимостей. Учет ошибок измерений.
21. Экспериментальные ошибки, причины их возникновения. Классификации ошибок измерения по их свойствам и способам представления. Способы учета и уменьшения ошибок. Теоретический предел точности измерения.
22. Случайная ошибка как случайная величина. Функция плотности вероятности и ее основные свойства. Функция плотности вероятности случайной ошибки.
23. Математическое ожидание и дисперсия случайной величины, способы их определения. Связь математического ожидания и дисперсии с измеряемым значением и его ошибкой. Прямая и обратная задача.
24. Метод наименьших квадратов (МНК), его принцип и обоснование. Линейные и нелинейные задачи. Линеаризация. Взвешенный метод наименьших квадратов (ВМНК). Использование ВМНК при анализе разнородных по точности данных. Проверка гипотез.
25. Численные методы решения некоторых вычислительных задач. Решение нелинейных уравнений и систем уравнений. Численное интегрирование и дифференцирование. Слайн-сглаживание.
26. Численные эксперименты и компьютерное моделирование, их понятие и основные принципы. Усреднение по времени и по ансамблю. Методы молекулярной динамики и Монте-Карло.
27. Основные требования, предъявляемые к компьютерным моделям. Решеточные и континуальные модели. Периодические граничные условия. Способы создания начальных конформаций и их дальнейшая модификация.

### **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>
Знать: теоретические основы современных экспериментальных методов в науке о полимерах Знать: общие принципы экспериментальных методов исследования полимеров как способ получения детальной информации об их строении, свойствах и молекулярных характеристиках Знать: теоретические основы методов исследования полимеров и принципы их конструирования	мероприятия текущего контроля успеваемости, устный опрос на зачете
Уметь: осмысленно решать конкретные лабораторные задачи с использованием новых и разнообразных методов исследования полимеров Уметь: решать задачи по подготовке к эксперименту и обработке полученных данных	мероприятия текущего контроля успеваемости, устный опрос на зачете
Владеть: Теоретическими основами методов исследования полимеров и численными методами моделирования полимерных систем	мероприятия текущего контроля успеваемости, устный опрос на зачете