

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)

Механические свойства 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	Знать: теоретические основы методов исследования механических свойств полимеров Владеть: 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	Уметь: 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	Знать: взаимосвязь между процессами синтеза и модификации полимеров и их механическими свойствами Уметь: прогнозировать механические свойства полимеров исходя из способа их синтеза или модификации
	СПК-2.С.2 проводит химическую модификацию ВМС с использованием современных экспериментальных методов химии полимеров	Владеть: 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	Знать: взаимосвязь между свойствами растворов полимеров и их механическими свойствами Уметь: прогнозировать механические свойства полимеров с использованием знаний о свойствах их растворов Владеть: способностью использовать структурно-механический подход при исследовании растворов полимеров
СПК-4.С. Владеет современными представлениями о структуре и физических (в том числе механических) свойствах полимеров, способность применять их на практике	СПК-4.С.1 Использует корреляции «структура – свойство» при получении полимерных материалов с заданными свойствами	Знать: науку о механических свойствах полимеров Уметь: прогнозировать механические свойства полимера исходя из знаний об их структуре Владеть: способностью применять на практике знания о механических свойствах полимеров во взаимосвязи с их структурой

СПК-5.С. Готов применять знание теоретических основ современной технологии синтеза полимеров и переработки полимерных материалов в профессиональной деятельности	СПК-5.С.1 Предлагает способы масштабирования лабораторных методик синтеза полимеров и переработки полимерных материалов	Знать: взаимосвязь между технологией переработки полимеров и их механическими свойствами Уметь: прогнозировать механические свойства полимерных материалов в тех или иных технологических условиях Владеть: способностью использовать знания о механических свойствах полимеров при разработке технологии получения и переработки полимеров
---	--	--

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 3 зачетных единицы, всего 108 часов, из которых 76 часов составляет контактная работа студента с преподавателем (36 часов занятия лекционного типа, 36 часов занятия семинарского типа, 2 часа – групповые консультации, 2 часа – промежуточный контроль успеваемости), 32 часа 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.

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля), форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	Всего (часы)	В том числе								
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы						Самостоятельная работа обучающегося, часы		
		из них						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 и т.п.	Всего
Понятие о механических свойствах твердых тел и жидкостей.	8	4	4	0	0	0	8	0	0	0

Высокоэластическая деформация	8	4	4	0	0	0	8	0	0	0
Релаксационные свойства полимеров	8	4	4	0	0	0	8	0	0	0
Динамические механические свойства	6	2	4	0	0	0	6	0	0	0
Свойства полимеров в вязкотекучем состоянии	6	4	2	0	0	0	6	0	0	0
Механические свойства стеклообразных полимеров	8	4	4	0	0	0	8	0	0	0
Механические свойства частично-кристаллических полимеров	6	4	2	0	0	0	6	0	0	0
Строение и механические свойства ориентированных полимеров	6	2	4	0	0	0	6	0	0	0
Разрушение полимеров	8	4	4				8			
Полимерные композиционные материалы	8	4	4				8			
Промежуточная аттестация <i>экзамен</i>	36			2		2	4		32	32
Итого	108	36	36	2	0	2	76	0	32	32

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. 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. В.А. Каргин, Г.Л. Слонимский Краткие очерки по физико-химии полимеров. М. «Химия», 1967
2. А. Тобольский Структура и свойства полимеров М. «Химия», 1964
3. Г.М. Бартенев, Ю.В. Зеленев Физика и механика полимеров. М. «Высшая школа», 1983
4. А.А. Аскадский, А.Р. Хохлов Введение в физико-химию полимеров М. «Научный мир», 2009
5. Дж. Мэнсон, Л. Сперлинг Полимерные смеси и композиты. М. «Химия», 1979.
6. С. Л. Баженов, А.А. Берлин, А.А. Кульнов, В.Г. Ошмян Полимерные композиционные материалы Прочность и технология Долгопрудный. «Интеллект», 2010
7. И. Уорд Механические свойства твердых полимеров М. «Химия», 1975
8. И. Нарисава Прочность полимерных материалов М. «Химия», 1987
9. The Physics of Glassy Polymers / Ed. by Haward R.N., Young R.J/ London. « Chapman and Hall», 1997
10. А.А. Берлин Современные полимерные композиционные материалы Соросовский образовательный журнал 1, 1995 г., стр. 57
11. I.M. Ward, J. Sweeney An Introduction to the Mechanical Properties of Solid Polymers England. «John Wiley», 2004
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: с.н.с. к.х.н. Трофимчук Е.С.

Фонды оценочных средств, необходимые для оценки результатов обучения

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

Теоретические контрольные вопросы и практические контрольные задания

1. Типы упругих деформаций твердых тел. Коэффициент Пуассона.
2. Термодинамика высокоэластической деформации. Тепловые эффекты при растяжении и сокращении идеального каучука.
3. Упругость идеальной каучуковой сетки. Зависимость модуля упругости от температуры и молекулярной массы отрезка цепи между узлами сетки.
4. Релаксация напряжения и ползучесть. Модели Максвелла и Кельвина. Многоэлементные модели описывающие механическое поведение линейных и сшитых аморфных полимеров

5. Для модели, в которой последовательно соединены пружина, элемент Фойгта-Кельвина и демпфер, построить зависимость напряжения от времени при постоянной деформации и деформации от времени при постоянной нагрузке
6. Динамические механические свойства полимеров. Модуль накопления и модуль потерь. Механические потери. Зависимость модуля накопления и модуля потерь для аморфного полимера от температуры
7. Принцип температурно-временной суперпозиции и вспомогательная кривая. Физический смысл фактора сдвига. Уравнение Вильямса-Ланделла-Ферри.
8. Особенности течения линейных аморфных полимеров. Вязкоупругие свойства расплавов полимеров. Зависимость вязкости полимеров от молекулярной массы
9. Построить температурные зависимости логарифмов модуля накопления и модуля потерь для аморфного и частично кристаллического полиэтилентерефталата (степень кристалличности 35%) в широкой области температур (от 0 до 300°C).
10. Зависимость температуры стеклования, температуры хрупкости, температуры текучести аморфного полимера от его молекулярной массы
11. Модуль объемного сжатия полистирола составляет $2 \cdot 10^{10}$ дин/см². Оценить модуль сдвига и модуль Юнга для этого полимера.
12. Эластомер с $M_c = 4000$ подчиняется кинетической теории высокоэластичности. Рассчитать напряжение в образце эластомера, растянутом при комнатной температуре на 150 %. (плотность полимера равна 0.9 г/см³)
13. Построить кривые «напряжение-деформация» при температуре 20°C для трех образцов сшитого полиизопрена, для которых молекулярные массы между узлами сетки составляют 5000, 10000 и 15000.
14. Вязкость полимера при 0° С равна 10^3 Па с. Чему равна вязкость при 25° С, если предположить, что при T_c она равна 10^{12} Па с и что температурная зависимость вязкости подчиняется закону ВЛФ ?
15. Температура стеклования ПММА равна 110° С. Во сколько раз скорость релаксации напряжения полимера при 155° С больше, чем при 125° С?
16. Каучук наполнен жесткими сферическими частицами (объемная доля наполнителя 0.3). Модуль упругости каучука при комнатной температуре 1 МПа, наполнителя 10^4 МПа. Ниже T_c модуль упругости полимера составляет $4 \cdot 10^4$ МПа, коэффициент Пуассона 0.35. Чему равно отношение модуля упругости композиции к модулю упругости ненаполненного полимера выше и ниже T_c ?
17. Распределение времен релаксации $H(\ln \tau)$ постоянно в интервале нескольких десятичных порядков Какова форма кривой релаксации напряжений в этом интервале времени?

Вопросы к экзамену

1. Термодинамика высокоэластической деформации. Тепловые эффекты при растяжении и сокращении идеального каучука.
2. Упругость идеальной каучуковой сетки. Зависимость модуля упругости от температуры и молекулярной массы отрезка цепи между узлами сетки.
3. Определение и измерение вязкоупругих характеристик полимеров. Ползучесть и релаксация напряжений. Динамические механические свойства
4. Температурная зависимость вязкоупругих характеристик аморфных полимеров.
5. Постройте зависимость модуля накопления и модуля потерь для аморфного полимера от температуры при разных частотах воздействия

6. Особенности течения расплавов полимеров. В двойных логарифмических координатах постройте зависимость вязкости расплавов полимера от его молекулярной массы
7. Механические свойства стеклообразных полимеров. Вынужденная эластичность. Образование шейки при растяжении стеклообразных полимеров.
8. Методы повышения ударной прочности стеклообразных полимеров. Ударопрочные пластики
9. Механические свойства частично-кристаллических полимеров.

Методические материалы для проведения процедур оценивания результатов обучения

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

ШКАЛА И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТА ОБУЧЕНИЯ по дисциплине (модулю)				
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

РЕЗУЛЬТАТ ОБУЧЕНИЯ по дисциплине (модулю)	ФОРМА ОЦЕНИВАНИЯ
Знать: теоретические основы методов исследования механических свойств полимеров Знать: взаимосвязь между процессами синтеза и модификации полимеров и их механическими свойствами Знать: взаимосвязь между свойствами растворов полимеров и их механическими свойствами Знать: науку о механических свойствах полимеров Знать: взаимосвязь между технологией переработки полимеров и их механическими свойствами	мероприятия текущего контроля успеваемости, устный опрос на экзамене
Уметь: предлагать методы исследования механических свойств полимеров в соответствии с заданной научной задачей Уметь: прогнозировать механические свойства полимеров исходя из способа их синтеза или модификации	мероприятия текущего контроля успеваемости, контрольные вопросы, устный опрос на экзамене

<p>Уметь: прогнозировать механические свойства полимеров с использованием знаний о свойствах их растворов</p> <p>Уметь: прогнозировать механические свойства полимера исходя из знаний об их структуре</p> <p>Уметь: прогнозировать механические свойства полимерных материалов в тех или иных технологических условиях</p>	
<p>Владеть: способностью использовать экспериментальные и теоретические методы при исследовании механических свойств полимеров</p> <p>Владеть: способностью предлагать методы синтеза и модификации полимеров с целью получения вещества с заданными механическими свойствами</p> <p>Владеть: способностью использовать структурно-механический подход при исследовании растворов полимеров</p> <p>Владеть: способностью применять на практике знания о механических свойствах полимеров во взаимосвязи с их структурой</p> <p>Владеть: способностью использовать знания о механических свойствах полимеров при разработке технологии получения и переработки полимеров</p>	<p>мероприятия текущего контроля успеваемости, практические контрольные задачи, устный опрос на экзамене</p>

