

Программа утверждена на заседании  
Ученого Совета химического факультета  
Протокол № 4 от 29 мая 2014 г.

### Рабочая программа дисциплины

1. Код и наименование дисциплины **Механика полимеров**
2. Уровень высшего образования – подготовка научно-педагогических кадров в аспирантуре.
3. Направление подготовки 04.06.01 Химические науки. Направленность программы Высокомолекулярные соединения (*если дисциплина(модуль)относится к вариативной части*).
4. Место дисциплины (модуля) в структуре ООП  
Вариативная часть ООП, Дисциплина по выбору аспиранта (время освоения определяется индивидуальным планом аспиранта, в течение 2, 3 или 4 семестра, 1 или 2 года обучения).
5. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников)

<b>Формируемые компетенции (код компетенции)</b>	<b>Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю)</b>
УК-1 способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях	В1 (УК-1) <b>Владеть</b> навыками анализа методологических проблем, возникающих при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях
УК-2 способность проектировать и осуществлять комплексные исследования, в том числе междисциплинарные, на основе целостного системного научного мировоззрения с использованием знаний в области истории и философии науки	З1 (УК-2) <b>Знать</b> методы научно-исследовательской деятельности
ПК-6 способность к самостоятельному проведению научно-исследовательской работы и получению научных результатов,	З1 (ПК-6) <b>Знать</b> современное состояние науки в области химии, физики и механики высокомолекулярных соединений

удовлетворяющих установленным требованиям к содержанию диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук по направленности (научной специальности) 02.00.06 Высокомолекулярные соединения	37 (ПК-6) <b>Знать</b> современные представления о механических свойствах полимеров и композитов на их основе
--	---

Оценочные средства для промежуточной аттестации по дисциплине (модулю) приведены в Приложении.

6. Объем дисциплины (модуля) 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 единиц, всего 108 часов, из которых 82 часа составляет контактная работа аспиранта с преподавателем (36 часов - занятия лекционного типа, 20 часов групповые консультации, 20 часов мероприятия текущего контроля успеваемости, 6 мероприятия промежуточной аттестации), 26 часов составляет самостоятельная работа аспиранта.*

7. Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия (если есть).

Должны быть успешно освоены дисциплины базовой части учебного плана

8. Образовательные технологии (отметить если применяется электронное обучение и дистанционные технологии).

Используются следующие технологии: лекции-демонстрации и интерактивные лекции. Преподавание дисциплины проводится в форме авторских курсов по программам, которые составлены на основе результатов исследований, полученных научными школами МГУ.

9. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических или астрономических часов и виды учебных занятий

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 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 коллоквиумы, практические контрольные занятия и др.)	Всего	Выполнение домашних заданий	Подготовка рефератов и т.п..	Всего
Тема 1. Понятие о механических свойствах твердых тел и жидкостей.	8	8	0	2	0	2	8	0	0	0
Тема 2. Высокоэластическая деформация	8	8	0	2	0	2	8	0	0	0
Тема 3. Релаксационные свойства полимеров	8	8	0	2	0	2	8	0	0	0
Тема 4. Динамические механические свой-	7	7	0	2	0	2	7	0	0	0

ства											
Тема 5. Свойства полимеров в вязкотекучем состоянии	7	7	0	2	0	2	7	0	0	0	
Тема 6. Механические свойства стеклообразных полимеров	8	8	0	2	0	2	8	0	0	0	
Тема 7. Механические свойства частично-кристаллических полимеров	7	7	0	2	0	2	7	0	0	0	
Тема 8. Строение и механические свойства ориентированных полимеров	7	7	0	2	0	2	7	0	0	0	
Тема 9. Разрушение полимеров	8	8	0	2	0	2	8	0	0	0	
Тема 10. Полимерные композиционные материалы	8	8	0	2	0	2	8	0	0	0	
<b>Промежуточная аттестация зачёт</b>	32		6					26			
<b>Итого</b>	<b>108</b>	36	0	20	0	20	<b>82</b>	0	0	<b>26</b>	

10. Учебно-методические материалы для самостоятельной работы аспирантов.

## 11. Ресурсное обеспечение:

- Перечень основной и дополнительной учебной литературы

### Основная

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. Зеленов 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

### Дополнительная

1. И. Уорд Механические свойства твердых полимеров М. «Химия», 1975
2. И. Нарисава Прочность полимерных материалов М. «Химия», 1987
3. The Physics of Glassy Polymers / Ed. by Haward R.N., Young R.J/ London. « Chapman and Hall», 1997
4. А.А. Берлин Современные полимерные композиционные материалы Соросовский образовательный журнал 1, 1995 г., стр. 57
5. I.M. Ward, J. Sweeney An Introduction to the Mechanical Properties of Solid Polymers England. «John Wiley», 2004
6. Гросберг А.Ю., Хохлов А.Р. «Полимеры и биополимеры с точки зрения физики», Долгопрудный. Издат. дом «Интеллект», 2010

### Интернет-ресурсы

1. vmsmsu.ru

- Перечень используемых информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса, включая программное обеспечение, информационные справочные системы (при необходимости):

Поддерживается сайт с методическими материалами к курсу в сети Интернет [www.vmsmsu.ru](http://www.vmsmsu.ru)

- Описание материально-технической базы.

Занятия проводятся в специально оборудованных аудиториях (ауд. 501, ауд. 619 лабораторного корпуса А). Аудитории снабжены средствами мультимедиа презентаций и доступом в сеть Интернет.

## 12. Язык преподавания - русский

13. Преподаватель (преподаватели).

Ст.н.с., кандидат химических наук Ефимов Александр Валерьевич

### **Фонды оценочных средств, необходимые для оценки результатов обучения**

1. Планируемые результаты обучения для формирования компетенций п.5 и соответствующие им критерии оценивания приведены в Приложении 1.
2. Материалы к текущей (контрольные работы, вопросы к коллоквиумам и пр.), промежуточной аттестации (вопросы к зачету)

#### Список контрольных вопросов

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. Динамические механические свойства полимеров. Модуль накопления и модуль потерь. Механические потери. Зависимость модуля накопления и модуля потерь для аморфного полимера от температуры
6. Принцип температурно-временной суперпозиции и вспомогательная кривая. Физический смысл фактора сдвига. Уравнение Вильямса-Ланделла-Ферри..
7. Особенности течения линейных аморфных полимеров. Вязкоупругие свойства расплавов полимеров. Зависимость вязкости полимеров от молекулярной массы
8. Зависимость температуры стеклования, температуры хрупкости, температуры текучести аморфного полимера от его молекулярной массы

#### *Примеры ПКЗ.*

1. Модуль объемного сжатия полистирола составляет  $2 \cdot 10^{10}$  дин/см<sup>2</sup>

Оценить модуль сдвига и модуль Юнга для этого полимера.

2. 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/см<sup>3</sup>)

3. 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.

4. Вязкость полимера при 0° равна 10<sup>3</sup> Па·с. Чему равна вязкость при 25°, если предположить, что при T<sub>c</sub> она равна 10<sup>12</sup> Па·с и что температурная зависимость вязкости подчиняется закону ВЛФ ?

5. Температура стеклования ПММА равна 110°. Во сколько раз скорость релаксации напряжения полимера при 155° больше, чем при 125° ?

6. Каучук наполнен жесткими сферическими частицами. (объемная доля наполнителя 0.3).

Модуль упругости каучука при комнатной температуре 1 МПа, наполнителя 10<sup>4</sup> МПа. Ниже T<sub>c</sub> модуль упругости полимера составляет 4 · 10<sup>4</sup> МПа, коэффициент Пуассона 0.35. Чему равно отношение модуля упругости композиции к модулю упругости ненаполненного полимера выше и ниже T<sub>c</sub> ?

7. Распределение времен релаксации Н (ln τ) постоянно в интервале нескольких десятичных порядков. Какова форма кривой релаксации напряжений в этом интервале времени ?

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

Оценивание результатов обучения (текущий контроль успеваемости) ведётся по пятибалльной шкале или системе «зачёт-незачёт». Успешным прохождением контрольного мероприятия считается получение отметки «зачёт» или балла, не меньшего 3. Промежуточная аттестация в форме зачёта считается пройденной при успешном прохождении 80% мероприятий текущего контроля успеваемости. В ином случае обучающийся должен успешно продемонстрировать степень овладения знаниями, умениями и навыками в ходе ответа на вопросы зачёта и решения контрольных задач.

Приложение 1

Оценочные средства для промежуточной аттестации по дисциплине «Механика полимеров» на основе карт компетенций выпускников

РЕЗУЛЬТАТ ОБУЧЕНИЯ по дисциплине (модулю)	КРИТЕРИИ и ПОКАЗАТЕЛИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТА ОБУЧЕНИЯ по дисциплине (модулю) <i>(критерии и показатели берутся из соответствующих карт компетенций, при этом пользуются либо традиционной системой оценивания, либо БРС)</i>					ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА
	1	2	3	4	5	
<b><i>В1 (УК-1) Владеть</i></b> навыками анализа методологических проблем, возникающих при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях	Отсутствие навыков	Фрагментарное применение навыков анализа методологических проблем, возникающих при решении исследовательских и практических задач	В целом успешное, но не систематическое применение навыков анализа методологических проблем, возникающих при решении исследовательских и практических задач	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение навыков анализа методологических проблем, возникающих при решении исследовательских и практических задач	Успешное и систематическое применение навыков анализа методологических проблем, возникающих при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях	ПКЗ на предмет установления последовательности действий при решении поставленной задачи с учетом знаний и навыков, полученных в курсе
<b><i>31 (УК-2) Знать</i></b> методы научно-исследовательской деятельности	Отсутствие знаний	Фрагментарные представления о методах научно-исследовательской деятельности	Неполные представления о методах научно-исследовательской деятельности	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы представления о методах научно-исследовательской деятельности	Сформированные систематические представления о методах научно-исследовательской деятельности	Индивидуальное собеседование-устный опрос
<b><i>31(ПК-6) Знать</i></b> современное состояние	Отсутствие	Фрагментарные представления	Неполные представления о со-	Сформированные, но содержащие отдель-	Сформированные систематические	Индивидуальное собе-

ние науки в области химии, физики и механики ВМС	знаний	о современном состоянии науки в области химии, физики и механики ВМС	временном состоянии науки в области химии, физики и механики ВМС	ные пробелы, представления о современном состоянии науки в области химии, физики и механики ВМС	представления о современном состоянии науки в области химии, физики и механики ВМС	седование – устный опрос
37(ПК-6) <b>Знать</b> современные представления о механических свойствах полимеров и композитов на их основе	Отсутствие знаний	Фрагментарные представления о механических свойствах полимеров и композитов на их основе	Неполные представления о механических свойствах полимеров и композитов на их основе	Сформированные: но содержащие отдельные пробелы представления о механических свойствах полимеров и композитов на их основе	Сформированные систематические представления о механических свойствах полимеров и композитов на их основе	Индивидуальное собеседование – устный опрос