



«УТВЕРЖДАЮ»

«1» сентября 2015 г.

Декан факультета фундаментальной
физико-химической инженерии
МГУ имени М.В. Ломоносова
академик С.М. Алдошин

Рабочая программа дисциплины

1. **Наименование дисциплины** - «Физико-химические основы инженерии полимеров и композиционных материалов»
2. **Уровень высшего образования** – аспирантура.
3. **Направление подготовки, направленность:** 04.06.01 «Химические науки»
4. **Место дисциплины в структуре ООП:** относится к вариативной части ОПОП, является обязательной к освоению дисциплиной на 3 году обучения (5-6 семестр), которую учащийся должен освоить для сдачи экзамена кандидатского минимума.
5. **Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников) в соответствии с Картами компетенций выпускников программ аспирантуры МГУ**

Формируемые компетенции (код компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций
ПК-1: способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в областях синтеза и применения	ВЛАДЕТЬ: методами математической обработки кинетических схем процессов

полимерных и композиционных материалов.	полимеризации и оценки молекулярно-массового распределения разрабатываемых полимерных продуктов на основе планируемых условий и режимов полимеризации, навыками работы со специальной и справочной технической литературой для выбора компонентов при разработке ПКМ с заданной структурой и характеристиками, планированием, постановкой и обработкой результатов физического эксперимента Шифр: В1 (ПК-1)
	УМЕТЬ: оценивать и прогнозировать потенциальные свойства и области применения разрабатываемых полимерных материалов и ПКМ, эффективно использовать на практике теоретические компоненты науки: понятия, суждения, умозаключения, законы, работать на современном экспериментальном оборудовании Шифр: У1 (ПК-1)
	ЗНАТЬ: особенности структуры полимеров на различных уровнях (молекулярном, топологическом, надмолекулярном), основы современных технологий получения и модификации полимеров и

	композиционных материалов, типы, принципы получения и основные области применения композиционных материалов, включая нанокompозиты, основные физико-химические методы исследования полимеров и композиционных материалов; Шифр: 31 (ПК-1)
--	--

6. 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 составляет 4 зачетных единиц, всего 144 часа, из которых 90 часов составляет контактная работа обучающегося с преподавателем (46 часов занятия лекционного типа, 22 часа занятия семинарского типа, 16 часов индивидуальные консультации, 6 часов мероприятия промежуточной аттестации), 54 часа составляет самостоятельная работа обучающегося.

7. Входные требования для освоения дисциплины предварительные условия (если есть): необходимо освоить программу специалитета или магистратуры по данному направлению подготовки.

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

9. Содержание дисциплины, 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	Всего (часы)	В том числе	
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них	Самостоятельная работа обучающегося, часы

(модуля), форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)								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
Основы физической химии полимеров	48	17	8	-	5	-	30	6	12	18
Основы технологий получения и области применения полимеров и ПКМ	48	17	8	-	5	-	30	6	12	18
Физико-химические методы исследования полимеров и ПКМ	42	12	6	-	6	-	24	6	12	18
Аттестация с оценкой	6	-	-					6		
Итого	144	46	38					54		

10. Учебно-методические материалы для самостоятельной работы аспирантов.

Основная литература:

1. Ал. Ал. Берлин, С.А.Вольфсон, Н.С. Ениколопан. Кинетика полимеризационных процессов. Химия, Москва, 1978

2. Багдасарьян Х.С., Теория радикальной полимеризации. Москва, Изд-во АН СССР, 1966. 7.
3. Б.А. Розенберг, В.И. Иржак, Н.С. Ениколопян, Межцепной обмен в полимерах, Химия, 1975 г.
4. В.И. Иржак, Б. А. Розенберг, Н.С. Ениколопян, Сетчатые полимеры. Синтез, структура, свойства. Наука, Москва, 1979
5. В.И. Иржак. Методы описания кинетики процессов формирования поликонденсационных полимеров и их структуры. Успехи химии, 1997, Т. 66, № 6, с. 598-609
6. Семчиков Ю.Д. Высокомолекулярные соединения: Учеб. для вузов // Ю.Д. Семчиков. – 2-е изд., стер. - М.: Издательский центр «Академия», 2005. – 368 с.
7. Matyjaszewski K., Davis T.P. Handbook of radical polymerization // K. Matyjaszewski, T.P. Davis. – USA: Wiley-Interscience, 2002. – 920 p.
8. Mandal B.M. Fundamentals of polymerization // B.M. Mandal. – Singapore: World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd., 2013. – 445 p.
9. Химия и физика наноструктурированных полимеров: учебно-методический комплекс: в 4 т.: Т. 1. // В.В. Киреев. - М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2010. – 128 с.
10. Королев Г.В., Могилевич М.М. Трехмерная радикальная полимеризация. Сетчатые и гиперразветвленные полимеры // Г.В. Королев, М.М. Могилевич. – СПб.: ХИМИЗДАТ, 2006. – 344 с.
11. Бутаков А.А. Тепловые режимы химического реактора вытеснения. "Докл. АН СССР", 1983, т. 270, № 3, с.622-625.
12. Франк-Каменецкий Д.А. Диффузия и теплопередача в химической кинетике. 3-е изд. // М.: Наука. - 1987.
13. M. PYDA, E. NOWAK-PYDA, J. HEEG, H. HUTH, A. A. MINAKOV, M. L. DI LORENZO, C. SCHICK, B. WUNDERLICH Melting and Crystallization of Poly(butylene terephthalate) by Temperature-Modulated and Superfast Calorimetry, Journal of Polymer Science: Part B: Polymer Physics
14. Г. Юинг, Инструментальные методы химического анализа, Москва, «Мир», 1989
15. Ю.К. Годовский Теплофизика полимеров, Москва, «Химия», 1982
16. Б. Вундерлих, Физика макромолекул. Кристаллическая структура, морфология, дефекты, Москва, «Мир», 1976.
17. А. Гинье, Рентгенография кристаллов, Москва, «Физмат», 1961
18. Д.И. Свергун, Л.А. Фейгин Рентгеновское и нейтронное малоугловое рассеяние, Москва, «Наука», 1986.
19. Бадамшина Э.Р., Гафурова М.П., Кулагина Г.С., Эстрин Я.И. Функционализация углеродных наночастиц. Научно-методическое пособие. Черноголовка: ИПХФ РАН, 2010. 50 с.
20. Бадамшина Э.Р., Гафурова М.П., Джалмуханова А.С., Эстрин Я.И. Полимерные нанокompозиты. Научно-методическое пособие. Черноголовка: ИПХФ РАН, 2011. 33 с.
21. Сидоров Л.Н., Юровская М.А., Боршевский А.Я., Трушков И.В., Иоффе И.Н. Фуллерены, М.: Экзамен. 2005. 688 с.
22. Tasis D., Tagmatarchis N., Bianco A., Prato M. Chemistry of Carbon Nanotubes. Chemical Rev. 2006. v. 106. № 3, p. 1105-1136.
23. Бадамшина Э.Р., Гафурова М.П., Эстрин Я.И. Модифицирование углеродных нанотрубок и полимерные композиты с их участием. Успехи химии. 2010.

24. Wang C., Guo Z.-X., Fu S., Wu W., Zhu D. Polymers containing fullerene or carbon nanotube structures. *Progr. Polym. Sci.* 2004, v 29, № 11, p. 1079-1141.
25. Бадамшина Э. Р., Гафурова М. П. Модификация свойств полимеров путём допирования фуллереном C₆₀. // *Высокомолек. соедин. А* 2008. т. 50. № 7. с. 1-14.
26. Fullerenes Chemistry Physics and Technology. Kadish K.M., Ruoff R.S. Ed). Cop. 2000. J. Wiley & Sons Inc. N.-Y., Toronto. 2010. 968 p.
27. Carbon Nanotubes, Properties and Applications. O'Connell M.S. (Ed). Boca Raton, London, N.-Y. 2006, 320 p.
28. Караулова Е.Н., Багрий Е.И. Фуллерены: методы функционализации и перспективы применения производных. // *Успехи химии*. 1999. т. 68. № 11. с. 979-998.
29. Конарев Д.В., Любовская Р.Н. Донорно-акцепторные комплексы и ион-радикальные соли на основе фуллеренов. // *Успехи химии*. 1999. т. 68. № 1. с. 23-44.
30. Помогайло А.Д., Розенберг А.С., Уфлянд И.Е. Наночастицы металлов в полимерах. Москва, Химия, 2000.
31. Помогайло А.Д., Савостьянов В.В. Металлосодержащие мономеры и полимеры, Москва, Химия, 1988.
32. Помогайло А.Д., Джардималиева Г.И.. Мономерные и полимерные карбоксилаты металлов. Москва, Физматлит, 2009.
33. **Рамбиди Н.Г., Березкин А.В. Физические и химические основы нанотехнологий. Москва, Физматлит, 2008.**
34. **Суздалев И. П.. Нанотехнология. Физико-химия нанокластеров, наноструктур и наноматериалов. КомКнига, 2006.**
35. The Physics of Polymers; Concepts for Understanding Their Structures and Behavior, G. Strobl, Springer 2007.
36. Liquid Crystalline Polymers. A. Donald, A. Windle and S. Hanna. Cambridge University Press, 2006.
37. Calorimetry and Thermal Analysis of Polymers. V. Mathot. Hanser Publishers, New York, 1994.
38. An Introduction to Polymer Science, H.-G. Elias, VCH Weinheim, 1997.
39. Introduction to Polymer Physics, M. Doi, Clarendon Press, Oxford, 1996.

Дополнительная литература

1. Ю.С. Липатов, А.Е. Нестеров, Т.М. Гриценко, Р.А. Веселовский. Справочник по химии полимеров. Наукова думка, Киев, 1971.
2. Г.В. Королев, А.П. Марченко. Радикальная полимеризация в режиме «живых» цепей. *Успехи химии*, 2000, т. 69, № 5, с. 447-475
3. H. Galina, J. Lechowich. Mean field kinetic modelling of polymerization: the Smoluchowski coagulation equation. *Adv. Polymer Sci.* 1998, v. 137, p. 135-172.
4. R.J.J. Williams, B.A.-Rozenberg, J.P. Pascault, Reaction-induced phase separation in modified thermosetting polymers. *Adv. Polym. Sci.*, 1997, 128, 95-156.
5. Г.В. Королев, М.М. Могилевич, И.В. Новиков. Сетчатые полиакрилаты. Микрогетерогенные структуры, физические сетки, деформационнопрочностные свойства. Химия, Москва, 1995
6. В.Н. Короткое, С.Е. Варюхин. Моделирование кинетики формирования структуры и механических свойств сетчатых полимеров на решеточных моделях. *Высокомолекулярные соединения, сер. А*, 1999, т. 41, № 2, с. 172-188

7. Байзенбергер Дж.А., Себастиан Д.Х. Инженерные проблемы синтеза полимеров. Перевод с англ. под ред. А.Я. Малкина. М.: Химия, 1988. 686 с.
8. А.Т. Баруча-Рид. Элементы марковских процессов и их приложения. Наука, Москва, 1969
9. Э. Камке. Справочник по обыкновенным дифференциальным уравнениям. Наука, Москва, 1964
10. Э. Камке. Справочник по дифференциальным уравнениям в частных производных первого порядка. Наука, Москва, 1966
11. Бадамшина Э.Р., Гафурова М.П. Гидроксильированные фуллерены и фуллеренсодержащие полиуретаны. Высокомолек. соед. Б 2007. т. 49. № 7. с. 1306-1316.
12. Трошин П.А., Любовская Р.Н. Органическая химия фуллеренов и перспективы их практического использования. Успехи химии. 2008. т. 77. № 4. с. 323-369.
13. Бадамшина Э.Р., Гафурова М.П. Гидроксильированные фуллерены и фуллеренсодержащие полиуретаны. Высокомолек. соед. Б 2007. т. 49. № 7. с. 1306-1316.
14. Трошин П.А., Любовская Р.Н. Органическая химия фуллеренов и перспективы их практического использования. Успехи химии. 2008. т. 77. № 4. с. 323-369.
15. Карпачёва Г.П. Фуллеренсодержащие полимеры // Высокомолек. соед. С 2000. т. 42. № 11. с. 1974 - 1999.
16. Badamshina E.R., Gafurova M.P. Polymeric nanocompositions containing noncovalently bonded fullerene C60: properties and applications. J. Mater. Chem. 2012. V. 22. № 19. P. 9427-9438.
17. Badamshina E.R., Gafurova M.P., Estrin Ya.I. Nanocomposites based on polyurethanes and carbon nanoparticles: preparation, properties and application. J. Mater. Chem. A. 2013. V. 1. № 1. P. 6509-6529.
18. Metal-Polymer nanocomposites. Ed. By L. Nicolais, G. Carotenuto. Hoboken, Wiley, 2005.
19. **Щука А. А. Нанoeлектроника. Москва, Физматкнига. 2007**
20. **Мелихов И.В. Физико-химическая эволюция твердого вещества. Москва, Бином. Лаборатория знаний, 2006.**
21. Андриевский Р.А., Рагуля А.В. Наноструктурные материалы. Москва, Издательский центр «Академия», 2005.
22. Дзидзигури Э.Л. «Нanomатериалы. Учебное пособие. Москва, Бином. Лаборатория знаний, 2008 г.
23. **Гусев А. И. Нanomатериалы, наноструктуры, нанотехнологии. Москва, Физматлит, 2007 .**
24. Наноструктуры и наноматериалы. Синтез, свойства и применение, Гочжун Цао, Ин Ван. Перевод с англ. А.И. Ефимова, С.И. Каргов, науч. ред. В.Б. Зайцев. Научный мир, 2012.
25. Я. И. Одарченко, Д. В. Анохин, А. А. Пирязев, Е. М. Антипов, В. А. Герасин, Д. И. Менделеев, В. В. Базаркина, А. И. Смирнов, Д. С. Кривеженко, А. Ю. Чумаченко, Д. А. Иванов // Исследование морфологии алифатических сегментированных блок-сополимеров с контролируемой толщиной кристаллов. *Российские Нанотехнологии*. Т.9, №3-4, С.61-66 (2014).
26. Jessica R. May, Cristina Gentilini, David E. Clarke, Yaroslav I. Odarchenko, Denis V. Anokhin, Dimitri A. Ivanov, Kirill Feldman, Paul Smith and Molly M. Stevens // Tailoring of mechanical properties of derivatized natural polyamino acids through esterification and tensile deformation. *RSC Advances*, 4, 2096-2102 (2014).
27. Н. А. Санина, В. П. Грачев, А. И. Дмитриев, Р. Б. Моргунов, О. В. Коплак, Е. А. Юрьева, Д. В. Анохин, Д. А. Иванов, С. М. Алдошин // Синтез и свойства пленок поливинилпирролидона, содержащих фотомагнитный комплекс (трис)оксалата хрома. *Известия Академии наук. Серия химическая*, № 2, 552-557 (2013).

28. Д.А. Иванов, А.Ю. Огнев, В.А. Лучников, Д.В. Анохин, G. Bar, В.В. Базаркина // Теория уширения рентгеновских рефлексов для текстур с двухосевым усреднением: от частично кристаллических полимеров со спиралевидными ламелями до дискотических жидких кристаллов *Доклады ВШ АН РФ* №2, С.77-86 (2012).

Интернет-ресурсы

1. <http://www.springerlink.com/> База научных публикаций издательства Springer
2. <http://scitation.aip.org/> База научных публикаций Американского института физики
3. <http://www.nature.com> База научных статей Nature Publishing Group
4. <http://elibrary.ru/> Научная электронная библиотека
5. <http://www.twirpx.com> Электронная библиотека студентов, аспирантов и преподавателей
6. <http://lib.mipt.ru> Электронная библиотека МФТИ
7. <http://gen.lib.rus.ec> Библиотека «Генезис»
8. <http://kinetics.nist.gov/kinetics/index.jsp> База данных по химической кинетике Национального института стандартов и технологий
9. <http://webbook.nist.gov/chemistry/> База данных по химии Национального института стандартов и технологий

Выходные данные источников соответствующих номеров приведены в основной и дополнительной литературе к курсу.

Контактные часы с преподавателем

Общие аудиторные часы

Дата	Тема для изучения	Форма проведения занятий	Кол-во часов
07.10.2016	Классификация процессов формирования полимеров. Основные типы полимерных материалов.	Лекция	3
14.10.2016	Особенности структуры полимеров. Взаимосвязь методов и технологий получения полимеров с их архитектурой и основными физико-химическими параметрами.	Лекция	3
21.10.2016	Semicrystalline polymers: Chain packing, Morphology,	Лекция	3

	Crystallization, Melting. Liquid Crystalline Polymers: Mesogens/Mesophases, Thermotropic/Lyotropic.		
28.10.2016	Физико-химические основы технологии цепных процессов получения полимеров.	Лекция	3
04.11.2016	Физико-химические основы технологии ступенчатых процессов получения полимеров.	Лекция	3
11.11.2016	Современные технологии получения полиолефинов.	Лекция	3
18.11.2016	Классификация, технология получения и применение полимерных композиционных материалов	Лекция	3
25.11.2016	Современные тенденции технологий получения материалов нового поколения – полимерных нанокompозитов.	Лекция	3
02.12.2016	Технологии получения металлополимерных нанокompозитов и методы их исследования.	Лекция	3
09.12.2016	Хроматография как инструмент исследования кинетики процессов образования полимеров и определения их молекулярно-массового распределения.	Лекция	3
16.12.2016	Спектроскопические методы определения состава, структуры полимерных материалов и мониторинга процессов их образования.	Лекция	3
23.12.2016	Ядерный магнитный резонанс в приложении к исследованию структуры полимеров и композиционных материалов.	Лекция	3
30.12.2016	Теплофизические и механические методы исследования полимеров.	Лекция	4
27.01.2017	Методы исследования кристаллической структуры и супрамолекулярной морфологии полимерных материалов и композитов методами рентгеноструктурного анализа.	Лекция	4
03.02.2017	Thermal Properties of Polymer systems: Basics of DSC, Notion of Heat Capacity, Thermal Behavior of Amorphous and Crystalline Polymers, Basics of Nanocalorimetry- a novel technique of thermal	Лекция	4

	analysis.		
10.02.2017	Принципы классификации процессов получения полимеров.	Семинар	1
	Типы полимеров в зависимости от их физико-механических и физико-химических характеристик, области применения. Природа высокоэластичности линейных полимеров	Семинар	1
10.03.2017	Виды молекулярно-массового распределения полимерных макромолекул, связь с кинетикой и технологией процессов синтеза. Разнозвенность гомо- и сополимеров, стереорегулярность.	Семинар	1
24.03.2017	Кинетический анализ схемы радикальной полимеризации. Расчет скорости и молекулярно-массовых характеристик полимеров, получаемых разными способами. Использование программного пакета Wolfram Mathematica для кинетических расчетов.	Семинар	1
31.03.2017	Изменение параметров ММР в ходе синтеза полимеров при гомогенной ступенчатой полимеризации. Роль нестехиометрии, способы учета, минимизации и учета для регулирования ММ и функциональности.	Семинар	1
07.04.2017	Способы получения наночастиц различной природы. Посещение лабораторий – ознакомление с методиками получения, аппаратным оформлением	Семинар	1
14.04.2017	Иономеры: общее понятие, ионные агрегации и мультиплеты. Получение иономеров. Морфология и строение иономеров.	Семинар	2
21.04.2017	Способы получения полимерных нанокомпозитов с участием углеродных наночастиц. Посещение лабораторий – ознакомление с методиками получения, аппаратным оформлением.	Семинар	2
28.04.2017	Принципы хроматографического разделения веществ, жидкостная хроматография, эксклюзионная хроматография макромолекул. Способы определения ММ элюируемых фракций, типы детекторов. Основы хроматографии	Семинар	2

	функциональных полимеров в критических условиях		
05.05.2017	Знакомство с программой анализа и обработки ЯМР спектров MestReNova.	Семинар	2
19.05.2017	Решение задач по расчету основных термодинамических характеристик полимеров из кривых ДСК.	Семинар	2
26.05.2017	Структурные уровни архитектуры полимерных тел.	Семинар	2
02.06.2017	Определение количества цис- и транс изомеров в полимерах. Определение распределения звеньев в сополимерах.		2
09.06.2017	Трехмерная ступенчатая полимеризация, сшитые полимеры	Семинар	2
23.06.2017	Освоение способов обработки профилей рентгеновского рассеяния в больших углах для определения степени кристалличности, типа кристаллической ячейки и размера кристаллитов	Семинар	2
		итого	88

Самостоятельная работа

В процессе самостоятельной работы студенты знакомятся с научными статьями по теме семинара и по очереди готовят короткое сообщение на 5-10 минут по публикациям, показавшимся им наиболее важными.

Сроки выполнения	Тема для изучения	Форма выполнения	Кол-во часов
------------------	-------------------	------------------	--------------

21.10.2016	Описание структуры industriально важного полимера на различных иерархических уровнях	Реферат	3
02.12.2016	Влияние регулярности полимера на его свойства	Реферат	3
02.12.2016	Получение полимеров с необычным молекулярно-массовым распределением	Реферат	3
10.03.2017	Особенности строения наночастиц, основные отличия от массивных материалов	Реферат	3
17.03.2017	Молекулярная и структурная организация макромолекулярных карбоксилатов металлов	Реферат	3
09.06.2017	Биоактивные керамико-полимерные композиты	Реферат	3
23.06.2017	Взаимопроникающие полимерные сетки. Гибридные супрамолекулярные структуры	Реферат	3
02.12.2016	Особенности вычисления ММР некоторых типов полимеров	Реферат	3
09.12.2016	Определение степени разветвленности высоко- и сверхразветвленных полимеров.	Реферат	3
10.03.2017	Эффект «памяти формы» в полимерах	Реферат	3
17.03.2017	Термотропные фазовые переходы в жидкокристаллических полимерах	Реферат	3
09.06.2017	Способы получения полимерных нанокомпозитов с участием углеродных наночастиц.	Реферат	3
		итого	36

Итоговое занятие

Дата	Тема для изучения	Формы проведения занятий	Кол-во часов
26.02.17	Зачетное занятие за 5й семестр	Аттестация с оценкой	3

30.06.17	Зачетное занятие на 6й семестр	Аттестация оценкой	с	3
	Итого			6

11. Ресурсное обеспечение:

Основная литература

40. Ал. Ал. Берлин, С.А.Вольфсон, Н.С. Ениколопян. Кинетика полимеризационных процессов. Химия, Москва, 1978
41. Багдасарьян Х.С., Теория радикальной полимеризации. Москва, Изд-во АН СССР, 1966. 7.
42. Б.А. Розенберг, В.И. Иржак, Н.С. Ениколопян, Межцепной обмен в полимерах, Химия, 1975 г.
43. В.И. Иржак, Б. А. Розенберг, Н.С. Ениколопян, Сетчатые полимеры. Синтез, структура, свойства. Наука, Москва, 1979
44. В.И. Иржак. Методы описания кинетики процессов формирования поликонденсационных полимеров и их структуры. Успехи химии, 1997, Т. 66, № 6, с. 598-609
45. Семчиков Ю.Д. Высокомолекулярные соединения: Учеб. для вузов // Ю.Д. Семчиков. – 2-е изд., стер. - М.: Издательский центр «Академия», 2005. – 368 с.
46. Matyjaszewski K., Davis T.P. Handbook of radical polymerization // K. Matyjaszewski, T.P. Davis. – USA: Wiley-Interscience, 2002. – 920 p.
47. Mandal B.M. Fundamentals of polymerization // B.M. Mandal. – Singapore: World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd., 2013. – 445 p.
48. Химия и физика наноструктурированных полимеров: учебно-методический комплекс: в 4 т.: Т. 1. // В.В. Киреев. - М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2010. – 128 с.
49. Королев Г.В., Могилевич М.М. Трехмерная радикальная полимеризация. Сетчатые и гиперразветвленные полимеры // Г.В. Королев, М.М. Могилевич. – СПб.: ХИМИЗДАТ, 2006. – 344 с.
50. Бутаков А.А. Тепловые режимы химического реактора вытеснения. "Докл. АН СССР", 1983, т. 270, № 3, с.622-625.
51. Франк-Каменецкий Д.А. Диффузия и теплопередача в химической кинетике. 3-е изд. // М.: Наука. - 1987.
52. M. PYDA, E. NOWAK-PYDA, J. HEEG, H. HUTH, A. A. MINAKOV, M. L. DI LORENZO, C. SCHICK, B. WUNDERLICH Melting and Crystallization of Poly(butylene terephthalate) by Temperature-Modulated and Superfast Calorimetry, Journal of Polymer Science: Part B: Polymer Physics
53. Г. Юинг, Инструментальные методы химического анализа, Москва, «Мир», 1989
54. Ю.К. Годовский Теплофизика полимеров, Москва, «Химия», 1982

55. Б. Вундерлих, Физика макромолекул. Кристаллическая структура, морфология, дефекты, Москва, «Мир», 1976.
56. А. Гинье, Рентгенография кристаллов, Москва, «Физмат», 1961
57. Д.И. Свергун, Л.А. Фейгин Рентгеновское и нейтронное малоугловое рассеяние, Москва, «Наука», 1986.
58. Бадамшина Э.Р., Гафурова М.П., Кулагина Г.С., Эстрин Я.И. Функционализация углеродных наночастиц. Научно-методическое пособие. Черноголовка: ИПХФ РАН, 2010. 50 с.
59. Бадамшина Э.Р., Гафурова М.П., Джалмуханова А.С., Эстрин Я.И. Полимерные нанокомпозиты. Научно-методическое пособие. Черноголовка: ИПХФ РАН, 2011. 33 с.
60. Сидоров Л.Н., Юровская М.А., Борщевский А.Я., Трушков И.В., Иоффе И.Н. Фуллерены, М.: Экзамен, 2005. 688 с.
61. Tasis D., Tagmatarchis N., Bianco A., Prato M. Chemistry of Carbon Nanotubes. Chemical Rev. 2006. v. 106. № 3, p. 1105-1136.
62. Бадамшина Э.Р., Гафурова М.П., Эстрин Я.И. Модифицирование углеродных нанотрубок и полимерные композиты с их участием. Успехи химии. 2010.
63. Wang C., Guo Z.-X., Fu S., Wu W., Zhu D. Polymers containing fullerene or carbon nanotube structures. Progr. Polym. Sci. 2004. v 29. № 11. p. 1079-1141.
64. Бадамшина Э. Р., Гафурова М. П. Модификация свойств полимеров путём допирования фуллереном C₆₀. // Высокомолек. соед. А 2008. т. 50. № 7. с. 1-14.
65. Fullerenes Chemistry Physics and Technology. Kadish K.M., Ruoff R.S. Ed). Cop. 2000. J. Wiley & Sons Inc. N.-Y., Toronto. 2010. 968 p.
66. Carbon Nanotubes, Properties and Applications. O'Connell M.S. (Ed). Boca Raton, London, N.-Y. 2006, 320 p.
67. Караулова Е.Н., Багрий Е.И. Фуллерены: методы функционализации и перспективы применения производных. // Успехи химии. 1999, т. 68. № 11. с. 979-998.
68. Конарев Д.В., Любовская Р.Н. Донорно-акцепторные комплексы и ион-радикальные соли на основе фуллеренов. // Успехи химии. 1999. т. 68. № 1. с. 23-44.
69. Помогайло А.Д., Розенберг А.С., Уфлянд И.Е. Наночастицы металлов в полимерах. Москва, Химия, 2000.
70. Помогайло А.Д., Савостьянов В.В. Металлосодержащие мономеры и полимеры, Москва, Химия, 1988.
71. Помогайло А.Д., Джардималиева Г.И.. Мономерные и полимерные карбоксилаты металлов. Москва, Физматлит, 2009.
72. **Рамбиди Н.Г., Березкин А.В. Физические и химические основы нанотехнологий. Москва, Физматлит, 2008.**
73. **Суздалев И. П.. Нанотехнология. Физико-химия нанокластеров, наноструктур и наноматериалов. КомКнига, 2006.**
74. The Physics of Polymers; Concepts for Understanding Their Structures and Behavior, G. Strobl, Springer 2007.
75. Liquid Crystalline Polymers. A. Donald, A. Windle and S. Hanna. Cambridge University Press, 2006.
76. Calorimetry and Thermal Analysis of Polymers. V. Mathot. Hanser Publishers, New York, 1994.
77. An Introduction to Polymer Science, H.-G. Elias, VCH Weinheim, 1997.
78. Introduction to Polymer Physics, M. Doi, Clarendon Press, Oxford, 1996.

Дополнительная литература

29. Ю.С. Липатов, А.Е. Нестеров, Т.М. Гриценко, Р.А. Веселовский. Справочник по химии полимеров. Наукова думка, Киев, 1971.
30. Г.В. Королев, А.П. Марченко. Радикальная полимеризация в режиме «живых» цепей. Успехи химии, 2000, т. 69, № 5, с. 447-475
31. H. Galina, J. Lechowich. Mean field kinetic modelling of polymerization: the Smoluchowski coagulation equation. Adv. Polymer Sci, 1998, v. 137, p. 135-172.
32. R.J.J. Williams, B.A.-Rozenberg, J.P. Pascault, Reaction-induced phase separation in modified thermosetting polymers. Adv. Polym. Sci., 1997, 128, 95-156.
33. Г.В. Королев, М.М. Могилевич, И.В. Новиков. Сетчатые полиакрилаты. Микрогетерогенные структуры, физические сетки, деформационнопрочностные свойства. Химия, Москва, 1995
34. В.Н. Короткос, С.Е. Варюхин. Моделирование кинетики формирования структуры и механических свойств сетчатых полимеров на решеточных моделях. Высокомолекулярные соединения, сер. А, 1999, т. 41, № 2, с. 172-188
35. Байзенбергер Дж.А., Себастиан Д.Х. Инженерные проблемы синтеза полимеров. Перевод с англ. под ред. А.Я. Малкина. М.: Химия, 1988, 686 с.
36. А.Т. Баруча-Рид. Элементы марковских процессов и их приложения. Наука, Москва, 1969
37. Э. Камке. Справочник по обыкновенным дифференциальным уравнениям. Наука, Москва, 1964
38. Э. Камке. Справочник по дифференциальным уравнениям в частных производных первого порядка. Наука, Москва, 1966
39. Бадамшина Э.Р., Гафурова М.П. Гидроксированные фуллерены и фуллеренсодержащие полиуретаны. Высокомолек. соед. Б 2007. т. 49. № 7. с. 1306-1316.
40. Трошин П.А., Любовская Р.Н. Органическая химия фуллеренов и перспективы их практического использования. Успехи химии. 2008. т. 77. № 4. с. 323-369.
41. Бадамшина Э.Р., Гафурова М.П. Гидроксированные фуллерены и фуллеренсодержащие полиуретаны. Высокомолек. соед. Б 2007. т. 49. № 7. с. 1306-1316.
42. Трошин П.А., Любовская Р.Н. Органическая химия фуллеренов и перспективы их практического использования. Успехи химии. 2008. т. 77. № 4. с. 323-369.
43. Карпачёва Г.П. Фуллеренсодержащие полимеры // Высокомолек. соед. С 2000. т. 42. № 11. с. 1974 - 1999.
44. Badamshina E.R., Gafurova M.P. Polymeric nanocompositions containing noncovalently bonded fullerene C60: properties and applications. J. Mater. Chem. 2012. V. 22. № 19. P. 9427-9438.
45. Badamshina E.R., Gafurova M.P., Estrin Ya.I. Nanocomposites based on polyurethanes and carbon nanoparticles: preparation, properties and application. J. Mater. Chem. A. 2013. V. 1. № 1. P. 6509-6529.
46. Metal-Polymer nanocomposites. Ed. By L. Nicolais, G. Carotenuto. Hoboken, Wiley, 2005.
47. **Щука А. А. Нанoeлектроника. Москва, Физматкнига. 2007**
48. **Мелихов И.В. Физико-химическая эволюция твердого вещества. Москва, Бином. Лаборатория знаний, 2006.**
49. Андриевский Р.А., Рагуля А.В. Наноструктурные материалы. Москва, Издательский центр «Академия», 2005.
50. **Дзидзигури Э.Л. «Наноматериалы. Учебное пособие. Москва, Бином. Лаборатория знаний, 2008 г.**

51. Гусев А. И. **Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии.** Москва, Физматлит, 2007.
52. Наноструктуры и наноматериалы. Синтез, свойства и применение, Гочжун Цао, Ин Ван. Перевод с англ. А.И. Ефимова, С.И. Каргов, науч. ред. В.Б. Зайцев. Научный мир, 2012.
53. Я. И. Одарченко, Д. В. Анохин, А. А. Пирязев, Е. М. Антипов, В. А. Герасин, Д. И. Менделеев, В. В. Базаркина, А. И. Смирнов, Д. С. Кривеженко, А. Ю. Чумаченко, Д. А. Иванов // Исследование морфологии алифатических сегментированных блок-сополимеров с контролируемой толщиной кристаллов. *Российские Нанотехнологии*. Т.9, №3-4, С.61-66 (2014).
54. Jessica R. May, Cristina Gentilini, David E. Clarke, Yaroslav I. Odarchenko, Denis V. Anokhin, Dimitri A. Ivanov, Kirill Feldman, Paul Smith and Molly M. Stevens // Tailoring of mechanical properties of derivatized natural polyamino acids through esterification and tensile deformation. *RSC Advances*, 4, 2096-2102 (2014).
55. Н. А. Санина, В. П. Грачев, А. И. Дмитриев, Р. Б. Моргунов, О. В. Коплак, Е. А. Юрьева, Д. В. Анохин, Д. А. Иванов, С. М. Алдошин // Синтез и свойства пленок поливинилпирролидона, содержащих фотоманитный комплекс (трис)оксалата хрома. *Известия Академии наук. Серия химическая*, № 2, 552-557 (2013).
56. Д.А. Иванов, А.Ю. Огнев, В.А. Лучников, Д.В. Анохин, G. Bar, В.В. Базаркина // Теория уширения рентгеновских рефлексов для текстур с двухосевым усреднением: от частично кристаллических полимеров со спиралевидными ламелями до дискотических жидких кристаллов *Доклады ВШ АН РФ* №2, С.77-86 (2012).

Интернет-ресурсы

1. <http://www.springerlink.com/> База научных публикаций издательства Springer
2. <http://scitation.aip.org/> База научных публикаций Американского института физики
3. <http://www.nature.com> База научных статей Nature Publishing Group
4. <http://elibrary.ru/> Научная электронная библиотека
5. <http://www.twirpx.com> Электронная библиотека студентов, аспирантов и преподавателей
6. <http://lib.mipt.ru> Электронная библиотека МФТИ
7. <http://gen.lib.rus.ec> Библиотека «Генезис»
8. <http://kinetics.nist.gov/kinetics/index.jsp> База данных по химической кинетике Национального института стандартов и технологий
9. <http://webbook.nist.gov/chemistry/> База данных по химии Национального института стандартов и технологий

12. **Язык преподавания** - русский

13. **Преподаватель** - Анохин Денис Валентинвич

Приложение

Оценочные средства для промежуточной аттестации по дисциплине «Физико-химические основы инженерии полимеров и композиционных материалов» на основе Карт компетенций выпускников программ аспирантуры МГУ

РЕЗУЛЬТАТ ОБУЧЕНИЯ по дисциплине (модулю)	КРИТЕРИИ и ПОКАЗАТЕЛИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТА ОБУЧЕНИЯ по дисциплине из соответствующих Карт компетенций					ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА
	1	2	3	4	5	
	<i>Неудовлетворительно</i>	<i>Неудовлетворительно</i>	<i>Удовлетворительно</i>	<i>Хорошо</i>	<i>Отлично</i>	
ВЛАДЕТЬ: методами математической обработки кинетических схем процессов полимеризации и оценки молекулярно-массового распределения разрабатываемых полимерных	Отсутствие навыков владения современными математическими методами обработки кинетических схем полимеризации и навыков работы со специальной справочной технической литературой,	Фрагментарные навыки владения современными математическими методами обработки кинетических схем полимеризации и навыками работы со специальной справочной технической литературой,	В целом удовлетворительные, но не систематизированные навыки владения современными математическими методами обработки кинетических схем полимеризации и навыки работы со специальной	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение навыков владения современными математическими методами обработки кинетических схем полимеризации и навыков работы со специальной	Успешное и систематическое применение навыков владения современными математическими методами обработки кинетических схем полимеризации и навыков работы со	Практическое контрольное задание

продуктов на основе планируемых условий и режимов полимеризации, навыками работы со специальной и справочной технической литературой для выбора компонентов при разработке ПКМ с заданной структурой и характеристиками, планированием, постановкой и обработкой результатов физического эксперимента Шифр: В1 (ПК-1)	неспособность постановки и обработки результатов физического эксперимента	неспособность постановки и обработки результатов физического эксперимента	справочной технической литературой, способность постановки и обработки результатов физического эксперимента	справочной технической литературой, способность постановки и обработки результатов эффективного физического эксперимента	специальной справочной технической литературой, способность постановки и обработки результатов эффективного физического эксперимента	
УМЕТЬ: оценивать и прогнозировать потенциальные свойства и области применения	Отсутствие умений оценивать и прогнозировать потенциальные свойства и области применения разрабатываемых полимерных	Фрагментарные умения оценивать и прогнозировать потенциальные свойства и области применения разрабатываемых полимерных	В целом удовлетворительные, но не систематизированные умения оценивать и прогнозировать потенциальные	В целом удовлетворительные, но содержащее отдельные пробелы умения оценивать и прогнозировать потенциальные свойства и области	Сформированные умения оценивать и прогнозировать потенциальные свойства и области применения	Письменные вопросы

разрабатываемых полимерных материалов и ПКМ, эффективно использовать на практике теоретические компоненты науки: понятия, суждения, умозаключения, законы, работать на современном экспериментальном оборудовании	материалов и ПКМ	материалов и ПКМ	свойства и области применения разрабатываемых полимерных материалов и ПКМ, наличие умений эффективно использовать на практике теоретические компоненты науки	применения разрабатываемых полимерных материалов и ПКМ, а также умений эффективно использовать на практике теоретические компоненты науки	разрабатываемых полимерных материалов и ПКМ, а также умений эффективно использовать на практике теоретические компоненты науки	
Шифр: У1 (ПК-1)						
ЗНАТЬ: особенности структуры полимеров на различных уровнях (молекулярном, топологическом, надмолекулярном), основы современных технологий получения и модификации	Отсутствие знаний об особенностях структуры полимеров на различных уровнях, основах современных технологий получения и модификации полимеров и композиционных материалов, принципах получения и	Фрагментарные представления об особенностях структуры полимеров на различных уровнях, основах современных технологий получения и модификации полимеров и композиционных материалов, принципах	Неполные представления об особенностях структуры полимеров на различных уровнях, основах современных технологий получения и модификации полимеров и композиционных материалов, принципах	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы представления об особенностях структуры полимеров на различных уровнях, основах современных технологий получения и модификации полимеров и композиционных	Сформированные систематически представления об особенностях структуры полимеров на различных уровнях, основах современных технологий	Письменные вопросы

полимеров и композиционных материалов, типы, принципы получения и основные области применения композиционных материалов, включая наноккомпозиты, основные физико-химические методы исследования полимеров и композиционных материалов; Шифр: 31 (ПК-1)	основных областях применения композиционных материалов, основных физико-химических методах исследования полимеров и композиционных материалов	получения и основных областях применения композиционных материалов, основных физико-химических методах исследования полимеров и композиционных материалов	получения и основных областях применения композиционных материалов, основных физико-химических методах исследования полимеров и композиционных материалов	материалов, принципах получения и основных областях применения композиционных материалов, основных физико-химических методах исследования полимеров и композиционных материалов	получения и модификации полимеров и композиционных материалов, принципах получения и основных областях применения композиционных материалов, основных физико-химических методах исследования полимеров и композиционных материалов	
--	--	--	--	--	---	--

Фонды оценочных средств

Вопросы и задания текущего, промежуточного и итогового контроля

- Полный перечень вопросов к аттестации с оценкой.
 - Полимеры природные, синтетические, искусственные. Способы получения синтетических полимеров. Строение макромолекул (линейные, разветвленные, сшитые и др.). Основные типы промышленных полимеров и области их применения.
 - Основные состояния полимерного тела: стеклообразное, высокоэластическое, расплав. Термомеханическая кривая, температура стеклования, плато высокоэластичности. Природа высокоэластического состояния.
 - Кинетика реакций полимеризации. Цепные и ступенчатые процессы. Молекулярно-массовое распределение макромолекул и его связь с кинетикой полимеризации.
 - Классификация способов проведения полимеризации, их преимущества и недостатки. Полимеризация в массе и растворе: инициирование радикальной полимеризации, мономеры, эффект автоускорения, неизотермичность полимеризационных процессов.
 - Кинетика радикальной полимеризации в массе и молекулярная масса полимеров. Передача цепи и ее катализ. Ингибирование радикальной полимеризации. Суспензионная полимеризация. Эмульсионная полимеризация. Теория Смита – Эварта.
 - Классификация методов радикальной полимеризации с обратимой деактивацией цепи. Отличия от обычной радикальной полимеризации. Виды сополимеров, получаемых методом радикальной полимеризации с обратимой деактивацией цепи.
 - Радикальная полимеризация полифункциональных мономеров. Микрогетерогенный механизм. Критическая конверсия гелеобразования. Виды полимеров, получаемых методом трехмерной радикальной полимеризации.
 - Металлоценовые каталитические системы: основные представления, специфика, этапы развития. Природа активного центра, механизмы полимеризации олефинов и селективной олигомеризации этилена, элементарные стадии полимеризации олефинов, уравнения скорости для каждой реакции. Кинетические закономерности, методы исследования. Типы сокатализаторов для активации комплексов.

- Основные типы симметрии металлоценовых катализаторов. Многообразие металлоценовых полиолефиновых материалов. Стереизомеры полипропилена. Механизмы стереорегулирования в полимеризации.
- Наномодификаторы и нанотехнологии. Основные понятия и определения. Виды наномодификаторов (металлические, керамические, углеродные наночастицы (фуллерены, одностенные и многостенные нанотрубки, графеновые наноматериалы) и др.), история открытия и способы получения.
- Полимерные нанокомпозиты. Особенности структуры, области применения, в том числе потенциального.
- Технологии получения полимерных нанокомпозитов, существующие в настоящее время – зависимость от типа наномодификатора и структуры полимера.
- Технологии получения полимерных нанокомпозитов с фуллереном C₆₀. Примеры получения и применения.
- Технологии получения полимерных нанокомпозитов с углеродными нанотрубками (УНТ). Полимерные композиты I и II группы. Получение, свойства и применение.
- Полимерные нанокомпозиты с графеновыми наноструктурами (ГНС). Примеры получения и применения. Сравнение методов.
- Металлополимеры: общая характеристика, методы получения. Классификация металлосодержащих мономеров. Природа связи металл-лиганд. Реакционная способность кратной связи в металломономере, сопряженной с атомом металла.
- Макромолекулярные карбоксилаты металлов. Основные представители, методы получения. Специфика радикальной полимеризации непредельных карбоксилатов металлов. Молекулярная и кристаллическая структура непредельных карбоксилатов металлов. Молекулярная и структурная организация макромолекулярных карбоксилатов металлов.
- Фронтальная полимеризация металлосодержащих мономеров. Структурные аспекты и механизм фронтальной полимеризации металлосодержащих мономеров.
- Металлополимерные нанокомпозиты. Основные понятия (нанокомпозит, микроструктура, строение ядро-оболочка). Структурная организация и морфология металлополимерных нанокомпозитов. Физико-химические свойства металлосодержащих наночастиц. Механизм зарождения и роста наночастиц металлов.

- Методы получения металлополимерных нанокомпозитов *ex situ* и *in situ*. Конденсационные методы или «снизу вверх»: химическое восстановление, золь-гель синтеза, термолиз, интеркаляция.
- Физико-химические свойства металлополимерных нанокомпозитов и основные области применения. Вопросы технологии наноматериалов и проблемы нанобезопасности и токсикологии.
- Определение термина композиционный материал. Классификация и общие представления о полимерных композиционных материалах.
- Полимерная матрица и армирующий материал - требования, классификации, основные представители и их свойства.
- Принципиальные технологические схемы получения полимерных композиционных материалов. Методы переработки и изготовления изделий из ПКМ.
- Свойства и применение стекло-, угле-, органо- и боропластиков, гибридных ПКМ.
- Методы исследования полиолефинов: спектроскопия ядерно-магнитного резонанса (анализ микроструктуры), гель-проникающая хроматография (определение молекулярно массовых характеристик), дифференциальная сканирующая калориметрия, ИК-спектроскопия
- Современные методы исследования теплофизических свойств материалов: пример нанокалориметрии и ее комбинации с рентгеновским рассеянием. Особенности плавления полимеров на больших скоростях нагрева: описать и объяснить наблюдаемые отличия от экспериментов с использованием классической дифференциальной сканирующей калориметрии.
- Механическое поведение полимеров. Типы полимеров по механическому поведению. Методы изучения механических свойств полимеров и ПКМ.
- Кристаллизация полимеров: классическая нуклеационная модель кристаллизации Лауритцена-Хоффмана и современная многостадийная модель кристаллизации Г. Стробла. Структура кристаллической ламели, как основного строительного блока частично-кристаллических полимеров. Структура межфазной границы между полимерным кристаллом и аморфной областью в частично-кристаллической структуре.

- Процессы плавления полимерных кристаллов: проявления метастабильного характера полимерных кристаллов. Эволюция частично-кристаллической структуры полимеров при нагреве с последующим плавлением. Феномен множественного плавления частично-кристаллических полимеров.
- Определение теплоемкости при постоянном давлении C_p и методы ее измерения
- Понятие жидкого кристалла и наиболее распространенные типы жидкокристаллических фаз. Проявления жидкокристаллического состояния в физических характеристиках полимерных материалов.
- Методы исследования и идентификации жидкокристаллических фаз. Практические применения жидких кристаллов.
- Основы рентгеноструктурного анализа. Дифракция в больших и малых углах. Основные методы исследования структуры поверхности полимеров и ПКМ.