

Название дисциплины: Физико-химические основы инженерии полимеров и композиционных материалов.

### 1. Цели и задачи освоения дисциплины.

показать роль химической физики как теоретического фундамента для разработки новых полимеров, полимерных систем и полимерных композиционных материалов, показать взаимосвязь фундаментальных научных исследований в области химической физики с основами создания современных полимерных функциональных, а также композиционных материалов для различных областей техники. Привить учащимся навыки систематического подхода к решению химических и технологических задач фундаментального и прикладного характера.

### 2. Требования к результатам освоения содержания дисциплины

В результате освоения дисциплины студент должен

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;

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, планировать оптимальное проведение эксперимента;

владеть - методами математической обработки кинетических схем процессов 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;

иметь опыт работы - в анализе, формулировке и решении конкретных задач в области синтеза полимеров и создания новых ПКМ.

### 3.1. Структура дисциплины

ДЗ – домашнее задание

№ раздела	Наименование раздела	Количество часов				Самостоятельная работа	Форма текущего контроля
		Всего	Аудиторная работа		Лаб. работы		
			Лекции	Семинары			
1	Основы физической химии полимеров	44	12	8	-	32	ДЗ
2	Основы технологий получения и области применения полимеров и ПКМ	106	24	22	-	35	ДЗ
3	Физико-химические	66	16	18	-	49	ДЗ

	методы исследования полимеров и ПКМ						
--	-------------------------------------	--	--	--	--	--	--

### Разделы лекционного курса

1. Основы физической химии полимеров
2. Основы технологий получения и области применения полимеров и ПКМ
3. Физико-химические методы исследования полимеров и ПКМ

## 1. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ

### 4.1. Планы лекций

№ раздела	Наименование раздела	Содержание раздела
1	Основы физической химии полимеров	<p>2 часа. Классификация процессов формирования полимеров. Основные типы полимерных материалов.</p> <p>6 часов. Особенности структуры полимеров. Взаимосвязь методов и технологий получения полимеров с их архитектурой и основными физико-химическими параметрами.</p> <p>2 часа. Semicrystalline polymers: Chain packing, Morphology, Crystallization, Melting.</p> <p>2 часа. Liquid Crystalline Polymers: Mesogens/Mesophases, Thermotropic/Lyotropic.</p>
2	Основы технологий получения и области применения полимеров и ПКМ	<p>6 часов. Физико-химические основы технологии цепных процессов получения полимеров.</p> <p>2 часа. Физико-химические основы технологии ступенчатых процессов получения полимеров.</p> <p>2 часа. Современные технологии получения полиолефинов.</p> <p>8 часов. Классификация, технология получения и применение полимерных композиционных материалов</p>

		<p>4 часа. Современные тенденции технологий получения материалов нового поколения – полимерных нанокомпозитов.</p> <p>2 часа. Технологии получения металлополимерных нанокомпозитов и методы их исследования.</p>
3	Физико-химические методы исследования полимеров и ПКМ	<p>2 часа. Хроматография как инструмент исследования кинетики процессов образования полимеров и определения их молекулярно-массового распределения.</p> <p>4 часа. Спектроскопические методы определения состава, структуры полимерных материалов и мониторинга процессов их образования.</p> <p>4 часа. Ядерный магнитный резонанс в приложении к исследованию структуры полимеров и композиционных материалов.</p> <p>2 часа. Теплофизические и механические методы исследования полимеров.</p> <p>2 часа. Методы исследования кристаллической структуры и супрамолекулярной морфологии полимерных материалов и композитов методами рентгеноструктурного анализа.</p> <p>2 часа. 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 analysis.</p>

#### 4.2. Семинары (практические занятия)

№ раздела	№ занятия	Тема	Кол-во часов
1	1	Принципы классификации процессов получения полимеров.	2
	2	Типы полимеров в зависимости от их физико-механических и физико-химических характеристик, области применения. Природа высокоэластичности линейных полимеров	2
	3	Виды молекулярно-массового распределения полимерных макромолекул, связь с кинетикой и технологией процессов синтеза. Разнозвенность гомо- и сополимеров, стереорегулярность. Структурные уровни архитектуры полимерных тел.	4
2	4	Кинетический анализ схемы радикальной полимеризации. Расчет скорости и молекулярно-массовых характе-	4

		ристик полимеров, получаемых разными способами. Использование программного пакета Wolfram Mathematica для кинетических расчетов.	
	5	Изменение параметров ММР в ходе синтеза полимеров при гомогенной ступенчатой полимеризации. Роль нестехиометрии, способы учета, минимизации и учета для регулирования ММ и функциональности. Трехмерная ступенчатая полимеризация, сшитые полимеры	4
		Методы расчета композиции для получения полимерной матрицы с заданными свойствами.	4
	6	Способы получения наночастиц различной природы. Посещение лабораторий – ознакомление с методиками получения, аппаратурным оформлением	4
	7	Иономеры: общее понятие, ионные агрегации и мультиплеты. Получение иономеров. Морфология и строение иономеров.	2
	8	Способы получения полимерных нанокомпозитов с участием углеродных наночастиц. Посещение лабораторий – ознакомление с методиками получения, аппаратурным оформлением.	4
3	9	Принципы хроматографического разделения веществ, жидкостная хроматография, эксклюзионная хроматография макромолекул. Способы определения ММ элюируемых фракций, типы детекторов. Основы хроматографии функциональных полимеров в критических условиях	2
	10	Знакомство с программой анализа и обработки ЯМР спектров MestReNova. Определение количества цис- и транс изомеров в полимерах. Определение распределения звеньев в сополимерах.	4
	11	Обработка ИК-спектров для определения концентрации функциональных групп	4
	12	Решение задач по расчету основных термодинамических характеристик полимеров из кривых ДСК.	4
	13	Освоение способов обработки профилей рентгеновского рассеяния в больших углах для определения степени кристалличности, типа кристаллической ячейки и размера кристаллитов	4

## 2. УЧЕБНИКИ И УЧЕБНЫЕ ПОСОБИЯ

### Основная литература

1. Ал. Ал. Берлин, С.А.Вольфсон, Н.С. Ениколопян. 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 нанокомпозиты. Научно-методическое пособие. Черноголовка: ИПХФ РАН, 2011. 33 с.
21. Сидоров Л.Н., Юровская М.А., Борщевский 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 C<sub>60</sub>. // Высокомолек. соед. 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.
40. Сутягин В.М., Ляпков А.А. Физико-химические методы исследования полимеров: учебное пособие. 2-е издание. – Томск: Томский политехнический университет. 2010. – 140 с.
41. Аверко-Антонович И.Ю., Бикмуллин Р.Т. Методы исследования структуры и свойств полимеров: учебное пособие. – Казань: КГТУ. 2002. – 604 с.
42. Handbook of near-infrared analysis 3rd ed, Ed. by D.A. Burns, E.W. Giurezak (CRC Press, London, New York, 2008), Chapter 27, Nir analysis of polymers.
43. Тарутина Л.И., Поздняков Ф.О. Спектральный анализ полимеров. – Л.: Химия, 1986. – 248 с.
44. Заикин В.Г. Масс-спектрометрия синтетических полимеров – М.: Всероссийское масс-спектрометрическое общество. – 2009. – 332 с.
45. Берлин Ал.Ал., С.А. Вольфсон Кинетический метод в синтезе полимеров. – М.: Химия. 1973. – 314с.

#### 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. Нанозлектроника. 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. «Наноматериалы. Учебное пособие. Москва, Бином. Лаборатория знаний, 2008 г.
23. Гусев А. И. Наноматериалы, 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. Var, В.В. Базаркина // Теория уширения рентгеновских рефлексов для текстур с двухосевым усреднением: от частично кристаллических полимеров со спиралевидными ламелями до дискоотических 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

### 3. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЯ

В учебном процессе рекомендуется излагать материал в простой наглядной форме. При освещении современных достижений науки в области материаловедения желательно давать представления о работах российских ученых, в частности, в научной группе преподавателя. В процессе обучения рекомендуется активно включать в процесс студентов, стимулировать их творческое мышление, способность аргументировать свою точку зрения на научную проблему.

#### Образовательные технологии

лекции с демонстрационными экспериментами,  
использование средств дистанционного сопровождения учебного процесса,  
семинары,  
демонстрация современного экспериментального оборудования и проведения эксперимента в присутствии студентов.

### 4. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ СТУДЕНТА

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.

Самостоятельное изучение разделов дисциплин

№ раз-дела	№ во-проса	Вопросы, выносимые на самостоятельное изучение	Кол-во часов
1	1	Координационные полимеры (металлорганические кар-	8



		касные структуры): получение, строение и свойства	
	2	Гибридные органо-неорганические наноматериалы	8
	3	«Зеленые» композиты	8
	4	Самозалечивающиеся полимеры	8
2	5	Водоразбавляемые полиуретаны. Синтез, свойства, применение.	7
	6	Полиуретан-триазольные полимеры. Синтез, свойства, применение.	7
	7	Блок-сополимеры, получаемые методом контролируемой радикальной полимеризации.	7
	8	Супрамолекулярные соединения на основе циклодекстринов. Виды, способы получения, доказательство строения этих соединений.	7
	9	Олефиновые блок-сополимеры, получаемые “челночной” ионно-координационной полимеризацией (Chain Shuttling Polymerization). Механизм и свойства сополимеров.	7
3	10	Гель-проникающая хроматография как метод разделения углеродных наночастиц.	7
	11	Метод "остановленной струи" {"stop flow"} в исследовании кинетики ионно-координационной полимеризации.	7
	12	Эффект «памяти формы» в полимерах	7
	13	Жидкокристаллические полимеры: химическое строение и свойства.	7
	14	Электропроводные полимерные композиты: последние достижения.	7
	15	Графен-полимерные нанокомпозиты для конструктивных и специальных приложений.	7
	16	Биокомпозиты (биополимеры, наполненные натуральными волокнами) особенности получения, свойств и применения.	7

## 8. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

### 8.1. Вопросы и задания текущего, промежуточного и итогового контроля

#### Вопросы за 1й семестр

1. Полимеры природные, синтетические, искусственные. Способы получения синтетических полимеров. Строение макромолекул (линейные, разветвленные, сшитые и др.). Основные типы промышленных полимеров и области их применения.
2. Основные состояния полимерного тела: стеклообразное, высокоэластическое, расплав. Термомеханическая кривая, температура стеклования, плато высокоэластичности. Природа высокоэластического состояния.
3. Кинетика реакций полимеризации. Цепные и ступенчатые процессы.
4. Молекулярные массы и молекулярно-массовое распределение (ММР) полимеров и олигомеров. Их связь с кинетикой полимеризации. Средне-численная, средне-массовая, z-средняя ММ, вычисление средних значений. Понятие о ширине ММР, индекс полидисперсности. Виды ММР – унимодальное и полимодальное.

5. Ступенчатые процессы полиприсоединения и поликонденсации. Сходство и различие между ними. Равновесные и неравновесные процессы ступенчатой полимеризации. Примеры таких реакций.
6. Молекулярно-массовое распределение и кинетика формирования макромолекул в ступенчатых процессах полимеризации. Зависимость ММ от условий проведения реакции. Способы регулирования ММ и функциональности в ступенчатых процессах полимеризации при синтезе олигомеров методами ступенчатой полимеризации
7. Трехмерная ступенчатая полимеризация. Жесткие и эластичные полимеры (примеры). Функциональность исходных соединений. Гелеобразование, гель-точка.
8. Классификация способов проведения полимеризации, их преимущества и недостатки. Полимеризация в массе и растворе: инициирование радикальной полимеризации, мономеры, эффект автоускорения, неизотермичность полимеризационных процессов.
9. Кинетика радикальной полимеризации в массе и молекулярная масса полимеров. Передача цепи и ее катализ. Ингибирование радикальной полимеризации. Суспензионная полимеризация. Эмульсионная полимеризация. Теория Смита – Эварта.
10. Классификация методов радикальной полимеризации с обратимой деактивацией цепи. Отличия от обычной радикальной полимеризации. Виды сополимеров, получаемых методом радикальной полимеризации с обратимой деактивацией цепи.
11. Радикальная полимеризация полифункциональных мономеров. Микрогетерогенный механизм. Критическая конверсия гелеобразования. Виды полимеров, получаемых методом трехмерной радикальной полимеризации.
12. 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.
13. Основные типы симметрии металлоценовых катализаторов. Многообразие металлоценовых полиолефиновых материалов. Стереизомеры полипропилена. Механизмы стереорегулирования в полимеризации.
14. Спектральные методы исследования состава, структуры и процессов формирования полимеров.
15. ИК-спектроскопия полимеров. Общие положения. Применение метода ИК-спектроскопии для анализа состава и структуры полимеров. Мониторинг процессов образования полимеров методом ИК-спектроскопии. НПВО.
16. Рамановская спектроскопия и хромато-масс-спектроскопия. Общие положения. Применение для анализа полимеров.
17. 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.

18. Полимерные нанокомпозиты. Основные типы нанонаполнителей. Особенности структуры, области применения, в том числе потенциального.
19. Технологии получения полимерных нанокомпозитов, существующие в настоящее время – зависимость от типа наномодификатора и структуры полимера. Примеры получения и применения.
20. Полимерные матрицы – функция в ПКМ, предъявляемые требования, классификация, основные представители и их свойства, области применения.
21. Армирующие материалы - функция в ПКМ, основные требования, примеры различных классификаций, основные представители, методы их получения и свойства, размерные эффекты.
22. Межфазная граница - функция в ПКМ, причины возникновения, методы регулирования характеристик. Принципиальная схема исследований при создании ПКМ.
23. Определение термина композиционный материал. Классификация, общие представления о полимерных композиционных материалах, компоненты и их функции в ПКМ.
24. Принципиальные технологические схемы получения полимерных композиционных материалов. Методы переработки и изготовления изделий из ПКМ.

#### Вопросы за 2й семестр

25. Свойства и применение стекло-, угле-, органо- и боропластиков, гибридных ПКМ. Принципиальная схема исследований при создании ПКМ.
26. Металлополимеры: общая характеристика, методы получения. Классификация металлосодержащих мономеров. Природа связи металл-лиганд. Реакционная способность кратной связи в металломономере, сопряженной с атомом металла.
27. 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.
28. Фронтальная полимеризация металлосодержащих мономеров. Структурные аспекты и механизм фронтальной полимеризации металлосодержащих мономеров.
29. 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.
30. 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.

31. Способы определения ММ и ММР полимеров и олигомеров. Основы жидкостной хроматографии полимеров. Эксклюзионная (гель-проникающая) хроматография – основной метод анализа ММР. Калибровка хроматографических колонок. Хроматографические детекторы.
32. Функциональность олигомеров. Определение концентрации концевых групп функциональных олигомеров. Анализ распределения по типу функциональности хроматографией в критических условиях.
33. Основы спектроскопии ЯМР. Химические сдвиги ядер и константы спин-спинового взаимодействия. Анализ сложных ЯМР спектров. Двумерная ЯМР-спектроскопия.
34. Определение конфигурационной изомерии полимеров (изомерии положения, цис-транс изомерии и стереоизомерии) с помощью ЯМР-спектроскопии. Определение распределения звеньев в цепи сополимера с помощью ЯМР-спектроскопии. Определение степени разветвленности высоко- и сверхразветвленных полимеров. Использование твердотельного ЯМР в исследовании структуры и молекулярной подвижности полимеров.
35. 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.
36. Механическое поведение полимеров. Типы полимеров по механическому поведению. Методы изучения механических свойств полимеров и ПКМ.
37. Методы термического и термомеханического анализа полимеров и ПКМ. Механические модели Фойта и Максвелла.
38. Классическая нуклеационная модель кристаллизации полимеров Лауритцена-Хоффмана. Режимы кристаллизации. Структура кристаллической ламели, как основного строительного блока частично-кристаллических полимеров.
39. 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.
40. Определение теплоемкости при постоянном давлении  $C_p$  и методы ее измерения.
41. 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.
42. Основы рентгеноструктурного анализа. Дифракция в больших и малых углах. Основные методы исследования структуры поверхности полимеров и ПКМ.