

ГОУ ВПО «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ХИМИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

КАФЕДРА ФИЗИЧЕСКОЙ ХИМИИ



УТВЕРЖДАЮ:

проректор по научно-методической и
учебной работе

Е. И. Скафа

2020 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

«Сетчатые полимеры и нанокompозиты на них основе»

Направление подготовки:

04.04.01 Химия
шифр, название направления

Магистерская программа:

Химия
название магистерской программы

Образовательная программа:

академическая магистратура

Квалификация:

магистр

Форма обучения:

очная, очно-заочная, заочная

Донецк 2020

УТВЕРЖДАЮ:

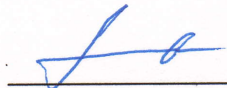
Декан факультета А.В. Белый

« 16 » 04 2020 г.
МП

Программа составлена на основании Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) направления подготовки 04.04.01 Химия, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 13 июля 2017 г. № 655; Порядка организации учебного процесса в образовательных организациях высшего профессионального образования Донецкой Народной Республики, утвержденного приказом Министерства образования и науки ДНР № 1171 от «10» ноября 2017 г.; учебного плана и основной образовательной программы высшего профессионального образования направления подготовки 04.04.01 Химия, разработанных в ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет».

Разработчик:

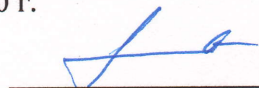
Заведующий кафедрой физической химии,
доктор химических наук, профессор

 В.М. Михальчук

Программа учебной дисциплины утверждена на заседании кафедры аналитической химии.

Протокол № _____ от « _____ » _____ 2020 г.

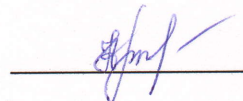
Заведующий кафедрой

 В.М. Михальчук

Программа учебной дисциплины одобрена учебно-методической комиссией химического факультета.

Протокол № 3 от « 15 » 04 2020 г.

Председатель учебно-методической
комиссии факультета

 Н.В. Яблочкова

1. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ И МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ

Учебная дисциплина «Сетчатые полимеры и нанокompозиты на их основе» относится к вариативной части профессионального блока подготовки студентов по направлению 04.04.01 *Химия*. Для изучения данной учебной дисциплины необходимы знания, умения и навыки, формируемые предшествующими и сопутствующими дисциплинами: Физическая химия; Высокомолекулярные соединения; Химия коллоидных и наносистем.

Полученные знания используются студентами во время выполнения научно-исследовательской работы при написании магистерской диссертации.

2. СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Характеристика учебной дисциплины	очная форма обучения на базе		заочная форма обучения на базе		
	ОСО	СПО	ОСО	СПО	ВПО
Образовательный уровень:	Магистр				
Направление подготовки (специальность)	04.04.01 Химия				
Профиль					
Количество содержательных модулей (тем)	2				
Дисциплина базовой / вариативной части образовательной программы	вариативная часть профессионального блока				
Формы контроля	Модульный контроль, экзамен				
Показатели	очная форма обучения на базе		заочная форма обучения на базе		
	ОСО	СПО	ОСО	СПО	ВПО
Количество зачетных единиц (кредитов)	3				
Количество часов	108				
Год подготовки	1				
Семестр	2				
Количество часов	108				
- лекционных	14				
- практических	14				
- лабораторных					
- самостоятельной работы	80				
в т.ч. индивидуальное задание	—				
Недельное количество часов, т.ч.					
аудиторных	2				

ОСО – общее среднее образование

СПО – среднее профессиональное образование

ВПО – высшее профессиональное образование

3. ОПИСАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Цели и задачи

Цель – основная цель дисциплины заключается в получении студентами знаний физико-химических основ формирования сетчатых полимеров (СП) и нанокompозитов.

Задачи:

- механизм процесса формирования СП, его молекулярной структуры;
- закономерности формирования топологической и надмолекулярной структуры;
- закономерности влияния узлов сетки на кинетические (релаксационные) и деформационно-прочностные свойства;
- приемы получения термостабильных СП (на примере эпоксидных полимеров).
- наноструктурированные сетчатые полимеры (на примере взаимопроникающих сетей), нанокompозиты с разными наполнителями: карбонатотрубками, слоистыми органоглинами, кремнеземными наночастицами, полученными золь-гель методом.

Требования к результатам освоения дисциплины: изучение дисциплины направлено на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ГОС ВПО по данному направлению подготовки:

а) Общекультурные компетенции:

- способность к самоорганизации и самообразованию (ОК-7).

б) Общепрофессиональные компетенции:

- способность использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности (ОПК-3);
- способность к поиску и первичной обработке научной и научно-технической информации (ОПК-5).

в) Профессиональные компетенции

- владение системой фундаментальных химических понятий (ПК-3);
- способность применять основные естественнонаучные законы и закономерности развития химической науки при анализе полученных результатов (ПК-4);
- владение навыками представления полученных результатов в виде кратких отчетов и презентаций (ПК-6).

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ И ФОРМЫ ОРГАНИЗАЦИИ УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА

Курс дисциплины «Сетчатые полимеры и нанокompозиты на их основе» предусматривает следующие формы организации учебного процесса: лекции, самостоятельная работа студента.

Материал излагается с использованием объяснительно-иллюстративных, эвристических и исследовательских методов преподавания. При проведении лекций для обсуждения материала используются мультимедийные презентации, а также раздаточные материалы. В учебном процессе широко применяются активные и интерактивные формы проведения занятий (разбор конкретных ситуаций, дискуссия, полемика), внеаудиторная самостоятельная работа. Самостоятельная работа студентов предусматривает выполнение индивидуальных заданий, изучение учебной и методической литературы, составление конспектов, аннотаций статей, защита докладов. Для организации самостоятельной работы студентов используется дистанционный курс <https://physchemistrydonnudonetsk.moodlecloud.com/> – Михальчук, В. М. Курс дистанционного обучения «Сетчатые полимеры и нанокompозиты».

Порядковый номер и наименование темы	Краткое содержание темы
Содержательный модуль 1	
Тема 1. Сетчатые полимеры, их значение и общие свойства.	<p>Основные представители сетчатых полимеров. Сетчатые полимеры на основе природных биополимеров и высыхающих масел. Сетчатые полимеры на основе синтетического исходного сырья. Общие особенности структуры и свойств сетчатых полимеров. Экспериментальные методы исследования процессов формирования сетчатых полимеров.</p>
Тема 2. Формирование молекулярной структуры эпоксидных полимеров	<p>Исходные компоненты для синтеза эпоксидных полимеров, влияние химического строения эпоксидных смол и отвердителей на свойства сетчатых полимеров. Схемы реакций поликонденсации эпоксидных соединений с аминами и ангидридами карбоновых кислот. Катионная полимеризация эпоксидных соединений. Повторяющиеся фрагменты полимерных сеток.</p>
Тема 3. Процесс полимеризации полифункциональных мономеров и олигомеров.	<p>Описание процесса гелеобразования, метод ветвящихся процессов и моделирование процесса поликонденсации. Влияние на гелеобразование циклизации, микрогетерогенности, распределения молекул по функциональности, изменяющейся функциональности реакционноспособных групп. Механизм трехмерной полимеризации, общая характеристика. Микросинерезис, фазовое разделение, фронтальная полимеризация. Зависимость глубины полимеризации от времени, скорости инициирования, выхода полимера и других факторов. Особенности формирования редкосшитых и густосетчатых полимеров, проявления принципа Флори при формировании уретановых полимеров. Поликонденсация диэпоксид – диамин в стеклообразном состоянии, полихромная кинетика.</p>
Тема 4. Структура сетчатых полимеров.	<p>Топологическая структура сетчатых полимеров, концентрация сшивающих узлов, молекулярная масса межузловых цепей. Эластически активные цепи, циклические структуры, топологические узлы. Надмолекулярная структура, морфология и упаковка сетчатых полимеров. Экспериментальные методы характеристики структуры сетчатых полимеров.</p>
Тема 5. Релаксационные свойства сетчатых полимеров.	<p>Влияние узлов сетки на проявления релаксационных процессов. Локальные релаксационные переходы, γ и β релаксационные процессы в сетчатых полимерах. Влияние концентрации узлов сетки на интенсивность и ширину α-релаксационного перехода. Температура стеклования, связь с химическим строением. Температура стеклования для густосетчатых полимеров с трех- и четырехфункциональными узлами, влияние строения узлов и их распределение по функциональности.</p>

<p>Тема 6. Деформационные и прочностные свойства.</p>	<p>Влияние концентрации сшивающих узлов на относительное удлинение и предел прочности при разрыве редкосшитых и густосетчатых полимеров в высокоэластическом состоянии. Особенности деформации и разрушения густосетчатых полимеров в стеклообразном состоянии, хрупкое разрушение сетчатых полимеров. Модификация сетчатых полимеров, эпоксидно-аллильные взаимопроникающие полимерные сетки.</p>
<p>Содержательный модуль 2</p>	
<p>Тема 7. Полимерные нанокомпози- ты.</p>	<p>Классификация наночастиц по форме, размер и удельная поверхность частичек нанонаполнителя. Отличительные свойства нанокомполитов с разными наполнителями: карбонанотрубками, слоистыми органоглинами, металлическими и оксидными наночастицами, нановискерами и др.</p>
<p>Тема 8. Формирование нанонаполнителя in situ в реакционной смеси, способной к полимеризации.</p>	<p>Синтез эпоксидно-полисилоксановых нанокомполитов с использованием золь-гель метода формирования наночастиц. Катионная полимеризация, ангидридное и аминное отверждение эпоксидной составляющей комполитов.</p>
<p>Тема 9. Структура и свойства эпоксидно-полисилоксановых нанокомполитов.</p>	<p>Морфология комполитов и влияние нанонаполнителя на параметры, которые характеризуют топологическую структуру эпоксидной матрицы. Релаксационные, теплофизическое и адгезионное свойства эпоксидно-полисилоксановых нанокомполитов. Антикоррозийная защита алюминиевых сплавов с использованием эпоксидно-полисилоксановых нанокомполитов.</p>
<p>Тема 10. Формирование нанокомполитов на основе эпоксидных полимеров и оксида титана.</p>	<p>In situ золь-гель синтез оксидно-титанового нанонаполнителя в эпоксидно-аминных системах. Влияние концентрации оксида титана на структуру нанокомполитов, их теплофизические свойства и устойчивость к термоокислительной деструкции. Электрохимические характеристики антикоррозионных защитных покрытий на основе эпоксидно-титанооксидных комполитов.</p>

Тематический план

Содержательный модуль 1												
Названия содержательных модулей и тем	Количество часов											
	Очная форма обучения						Заочная форма обучения					
	всего	в т.ч.					всего	в т.ч.				
		лекции	практические	лабораторные	самостоятельная работа	индивидуальная работа		лекции	практические	лабораторные	самостоятельная работа	индивидуальная работа
Тема 1. Сетчатые полимеры, их значение и общие свойства.	12	2	2		8							
Тема 2. Формирование молекулярной структуры эпоксидных полимеров	11	1	2		8							
Тема 3. Процесс полимеризации полифункциональных мономеров и олигомеров.	13	2	1		10							
Тема 4. Структура сетчатых полимеров.	8	1	1		6							
Тема 5. Релаксационные свойства сетчатых полимеров.	8	1	1		6							
Тема 6. Деформационные и прочностные свойства.	8	1	1		6							
Итого по содержательному модулю 1	60	8	8		44							

Содержательный модуль 2												
Названия содержательных модулей и тем	Количество часов											
	Количество часов						Количество часов					
	всего	в т.ч.					всего	в т.ч.				
		лекции	практические	лабораторные	самостоятельная работа	индивидуальная работа		лекции	практические	лабораторные	самостоятельная работа	индивидуальная работа
Тема 7. Полимерные нано-компози́ты.	10	1	1		8							
Тема 8. Формирование нанонаполнителя in situ в реакционной смеси, способной к полимеризации.	14	2	2		10							
Тема 9. Структура и свойства эпоксидно-полисилоксановых нано-композитов.	14	2	2		10							
Тема 10. Формирование нанокомпозитов на основе эпоксидных полимеров и оксида титана.	10	1	1		8							
Итого по содержательному модулю 2	48	6	6	–	36	–						
Всего часов по модулю	108	14	14	–	80	–						

5. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ЛЕКЦИОННЫХ, ПРАКТИЧЕСКИХ И ЛАБОРАТОРНЫХ ЗАНЯТИЙ.

Лабораторные занятия не предусмотрены учебным планом.

ТЕМЫ ЛЕКЦИОННЫХ ЗАНЯТИЙ

<i>№ п/п</i>	<i>Название темы</i>	<i>Количество часов</i>
1	Сетчатые полимеры, их значение и общие свойства.	2
2	Формирование молекулярной структуры эпоксидных полимеров	2
3	Процесс полимеризации полифункциональных мономеров и олигомеров.	1
4	Структура сетчатых полимеров.	1
5	Релаксационные свойства сетчатых полимеров.	1
6	Деформационные и прочностные свойства.	1
7	Полимерные нанокомпозиты.	2
8	Формирование нанонаполнителя in situ в реакционной смеси, способной к полимеризации.	2
9	Структура и свойства эпоксидно-полисилоксановых нанокомпозитов.	1
10	Формирование нанокомпозитов на основе эпоксидных полимеров и оксида титана.	1
	ВСЕГО	14

ТЕМЫ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

<i>№ п/п</i>	<i>Название темы</i>	<i>Количество часов</i>
1	Сетчатые полимеры, их значение и общие свойства.	2
2	Формирование молекулярной структуры эпоксидных полимеров	2
3	Процесс полимеризации полифункциональных мономеров и олигомеров.	1
4	Структура сетчатых полимеров.	1
5	Релаксационные свойства сетчатых полимеров.	1
6	Деформационные и прочностные свойства.	1
7	Полимерные нанокомпозиты.	1
8	Формирование нанонаполнителя in situ в реакционной смеси, способной к полимеризации.	2
9	Структура и свойства эпоксидно-полисилоксановых нанокомпозитов.	2
10	Формирование нанокомпозитов на основе эпоксидных полимеров и оксида титана.	1
	ВСЕГО	14

6. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

ОРГАНИЗАЦИЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

<i>№ п/п</i>	<i>Название темы</i>	<i>Количество часов</i>
1	Сетчатые полимеры, их значение и общие свойства.	8
2	Формирование молекулярной структуры эпоксидных полимеров	8
3	Процесс полимеризации полифункциональных мономеров и олигомеров.	10
4	Структура сетчатых полимеров.	6
5	Релаксационные свойства сетчатых полимеров.	6
6	Деформационные и прочностные свойства.	6
7	Полимерные нанокомпозиты.	8
8	Формирование нанонаполнителя <i>in situ</i> в реакционной смеси, способной к полимеризации.	10
9	Структура и свойства эпоксидно-полисилоксановых нанокомпозитов.	10
10	Формирование нанокомпозитов на основе эпоксидных полимеров и оксида титана.	8
	ВСЕГО	80

Самостоятельная работа студентов включает текущую и творческую проблемно-ориентированную самостоятельную работу (ТСР).

Текущая самостоятельная работа по дисциплине «Сетчатые полимеры и нанокомпозиты на их основе», направленная на углубление и закрепление знаний студента, на развитие практических умений, включает в себя следующие виды работ:

- еженедельная работа с лекционным материалом, учебниками и учебными пособиями с целью усвоения материала, изложенного на лекции;
- подготовка к коллоквиуму и экзамену.

При изучении тем, вынесенных на самостоятельное изучение, студент составляет конспект.

Творческая (ориентированная на приобретение практических навыков) самостоятельная работа по дисциплине «Сетчатые полимеры и нанокомпозиты на их основе», направленная на развитие общекультурных и профессиональных компетенций, развитие творческого мышления у студентов. Темы творческих самостоятельных работ (рефератов) приведены в пункте 7.

7. ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ

Темы рефератов

1. Гибридные наноструктуры: синтез, морфология, функциональные свойства.
2. Гибридные полимер-неорганические нанокомпозиты.
3. Гидролитическая устойчивость связей Si–O–Ti в процессе химической сборки титаноксидных наноструктур на поверхности кремнеземов.
4. Гидрофобные материалы и покрытия - принципы создания, свойства и применение.
5. Графеновые и графеноподобные материалы.
6. Графеноподобные нано-карбиды и нано-нитриды переходных металлов.
7. Кинетика образования сверхразветвленных полимеров.

8. Кинетика отверждения олигомеров.
9. Коллоидные квантовые точки в солнечных элементах.
10. Коллоидные квантовые точки: синтез, свойства и применение.
11. Композитные электродные материалы на основе проводящих полимеров с включениями наноструктур металлов.
12. Критическая конверсия в процессах формирования полимеров.
13. Материалы из углеродных нанотрубок.
14. Методы вычисления критической конверсии при формировании сетчатых полимеров.
15. Микро- и наноразмерный карбид бора: синтез, структура и свойства.
16. Многофункциональные биосовместимые покрытия на магнитных наночастицах.
17. Многофункциональные наноматериалы.
18. Модифицирование углеродных нанотрубок и синтез полимерных композитов с их участием.
19. Наноматериалы и нанотехнологии: методы анализа и контроля.
20. Наноструктурированные материалы для низкотемпературных топливных элементов.
21. Наноструктурные дибориды титана, циркония и гафния: синтез, свойства, размерные эффекты и стабильность.
22. Наночастицы золота, модифицированные координационными соединениями металлов: синтез и применение.
23. Наночастицы металлов в полимерных каталитических мембранах и ионообменных системах для глубокой очистки воды от молекулярного кислорода.
24. Наночастицы сульфида кадмия, полученные методом химического осаждения из растворов.
25. Некоторые аспекты формирования и идентификации наноразмерных оксидных компонентов в гетерогенных катализаторах, полученных различными методами.
26. Некоторые перспективы развития полимерных конструкционных материалов.
27. Новые наноструктуры на основе графена: физико-химические свойства и приложения
28. Новые подходы к созданию гибридных полимерных нанокомпозитов: от конструкционных материалов к высокотехнологичным применениям.
29. Об основных приближениях в теории фронтальной радикальной полимеризации виниловых мономеров.
30. Основные направления разработки и исследования твердых электролитов.
31. Основные направления фундаментальных и ориентированных исследований в области наноматериалов.
32. Полимерные гель-электролиты для литиевых источников тока.
33. Получение нанодисперсных материалов и тонких пленок методами лазерной абляции в жидкости и в вакууме.
34. Применение методов ЯМР в исследованиях ионного и молекулярного транспорта в полимерных электролитах.
35. Производные фуллерена как нанодобавки для полимерных композитов.
36. Пространственные сетки в растворах червеобразных агрегатов: универсальность поведения и молекулярные «портреты».
37. Процессы самоорганизации микро- и наночастиц в феррожидкостях.
38. Релаксационные свойства полимеров и модель физической сетки.
39. Силсесквиоксаны с лестничной структурой.
40. Современное состояние исследований трехмерной радикальной сополимеризации.
41. Структурные аспекты формирования сетчатых полимеров при отверждении олигомерных систем.
42. Тенденции развития поликонденсации и конденсационных полимеров.
43. Топологическая структура и релаксационные свойства полимеров.
44. Топологическая структура и релаксационные свойства разветвленных полимеров.
45. Углеродные нанотрубки в новых материалах.

46. Успехи в области поликонденсации и конденсационных полимеров.
47. Фазовые равновесия в системах, содержащих фуллерены, как основа технологии получения и применения наноуглеродных материалов.
48. Физическое старение и релаксационные процессы в эпоксидных системах.
49. Электродные наноматериалы для литий-ионных аккумуляторов.
50. Электросинтез наноструктур и наноматериалов.

8. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

1. Сетчатые полимеры, их значение и общие свойства.
2. Какие сетчатые полимеры люди используют с древних времен?
3. На основе каких природных веществ были получены первые сетчатые полимеры?
4. Что такое дубление и какие вещества используются для проведения процесса дубления?
5. Запишите химические реакции, протекающие при дублении шкур животных альдегидами.
6. Какие связи образуются при «сшивании» белковых макромолекул комплексными соединениями хрома? Приведите химическую структуру образующихся сшивающих узлов.
7. Что такое вулканизация каучука и какие вещества используются для проведения процесса вулканизации?
8. Приведите «химическую схему» процесса вулканизации каучука с образованием C–S, сульфидных и дисульфидных связей.
9. Приведите «химическую схему» процесса вулканизации каучука применением тиурамдисульфидов и с образованием полисульфидных связей.
10. Какими свойствами обладают «вулканизаты» натурального каучука, полученные при низких высоких концентрациях серы, и как они называются?
11. Какие синтетические каучуки вы знаете, и какие отличительные свойства имеют изделия, полученные из них?
12. В чем заключается механизм окислительной полимеризации высыхающих масел?
13. Какие природные масла относятся к высыхающим, полувысыхающим и невысыхающим?
14. Какие синтетические заменители высыхающих масел вы знаете, как они называются и как их получают?
15. Представители сетчатых полимеров на основе синтетических соединений: на дивинильных и диаллильных соединений, эпоксидные, уретановые, фенолформальдегидные и др.
16. По каким признакам и как классифицируют все сетчатые полимеры?
17. Дайте определение термину «сетчатый полимер» со структурной точки зрения и в соответствии с рекомендациями IUPAC. Как эти определения согласуются со структурой и свойствами сетчатых полимеров?
18. На каких свойствах отражается наличие трехмерной пространственной сетки ковалентных связей в сетчатых полимерах (по сравнению с линейными)?
19. Почему при исследовании механизма и кинетики формирования молекулярной структуры многие методы (ЯМР высокого разрешения, гельпроникающая хроматография, полярография и др.) становятся неприемлемыми?
20. Какие классификационные признаки эпоксидных соединений вы знаете?
21. Влияние химической структуры эпоксидных соединений на свойства сетчатых полимеров.
22. Какие классификационные признаки аминных отвердителей вы знаете?
23. Влияние химической структуры аминных отвердителей на их активность в реакциях с эпоксидными смолами и на свойства сетчатых полимеров.
24. Какие классификационные признаки ангидридных отвердителей вы знаете?
25. Какие катализаторы катионной полимеризации применяются для отверждения эпоксидных смол?

26. В чем заключается механизм формирования молекулярной структуры сетчатых полимеров по некаталитической реакции полиприсоединения эпоксид – амин? Структура повторяющейся звена межузловых цепей.
27. В чем заключается механизм формирования молекулярной структуры сетчатых полимеров по каталитической реакции полиприсоединения эпоксид – амин? Структура повторяющейся звена межузловых цепей.
28. В чем заключается механизм формирования молекулярной структуры сетчатых полимеров по некаталитической реакции полиприсоединения эпоксид – ангидрид? Структура повторяющейся звена межузловых цепей.
29. В чем заключается механизм формирования молекулярной структуры сетчатых полимеров по каталитической реакции полиприсоединения эпоксид – ангидрид?
30. В чем заключается механизм катионной полимеризации эпоксидных соединений в присутствии комплексов трифторида бора? Структура повторяющейся звена межузловых цепей.
31. В чем заключаются основные положения теории гелеобразования в методе разветвленных процессов?
32. Что такое производящая функция вероятностей и первый момент распределения?
33. Какое неравенство является необходимым и достаточным условием того, что макромолекула имеет бесконечные размеры (условие гелеобразования)?
34. Какой вид имеют уравнения для критической степени преобразования, выхода золь фракции и среднемассовой молекулярной массы полимера до и после точки геля?
35. Влияние на критическую точку гелеобразования внутримолекулярной циклизации, микрогетерогенности, распределения молекул по функциональности, изменяющейся функциональности реакционноспособных групп.
36. В чем заключаются исходные положения и основные результаты математического (компьютерного) моделирования формирования полимерной сетки на основе диэпоксида и диамина?
37. Что такое топологический предел реакции поликонденсации (полиприсоединения), протекающей с образованием сетчатых полимеров?
38. В чем заключаются основные положения механизма трехмерной полимеризации. Образование микрогеля и микросинерезис. Каковы условия образования микро- и макрогеля?
39. В чем отличие кинетических схем для обычной и трехмерной цепной полимеризации, реакции внутримолекулярного сшивания?
40. Изменение скорости полимеризации, числа и размеров микрогелевых частиц в процессе трехмерной полимеризации.
41. Что такое фронтальная полимеризация и как она описывается в терминах физической кинетики? Проявление гель-эффекта для трехмерной полимеризации.
42. Кинетические схемы каталитической и некаталитической реакций уретанообразования.
43. В чем заключаются особенности кинетики реакции поликонденсации с образованием редкосетчатых полимеров (на примере полиуретановых полимеров)?
44. Постулат Флори, применение уравнение Аврами на глубоких стадиях протекания реакции уретанообразования.
45. В чем проявляются особенности формирования густосетчатых полимеров в адиабатических и изотермических условиях? Применение дифференциальной сканирующей микрокалориметрии для изучения реакции эпоксидный мономер – диамин в стеклообразном состоянии.
46. Чем объясняется резкое замедление реакции поликонденсации в случае стеклования реакционной смеси при низких степенях превращения реакционноспособных групп? Какие признаки полихронной кинетики при этом наблюдаются?
47. В чем заключаются основные положения полихронной кинетики?
48. В чем проявляются взаимосвязь кинетики реакции поликонденсации в стеклообразном состоянии с мелкомасштабными релаксационными процессами?

49. Что характеризует молекулярная структура сетчатых полимеров?
50. Почему для реальных сетчатых полимеров понятие «повторяющийся фрагмент» получает статистический смысл?
51. Какое влияние оказывает молекулярная структура сетчатых полимеров на деформационно-прочностные и другие эксплуатационные свойства полимеров?
52. Что такое топологическая структура сетчатых полимеров и что она характеризует?
53. Какими количественными параметрами характеризуется топологическая структура полимерной сетки?
54. Что такое эластически активные узлы и эластически активные цепи? Какими уравнениями определяются концентрации эластически активных цепей по Флори и Тобольскому?
55. Применение статистического подхода к определению доли активных цепей.
56. Формирование циклических структур при сшивании линейных макромолекул и при полимеризации низкомолекулярных полифункциональных мономеров и олигомеров.
57. Что такое топологические узлы в сетчатых полимерах и какое влияние они оказывают на экспериментально определяемую концентрацию эластически активных цепей?
58. Что характеризует надмолекулярная структура сетчатых полимеров, какие уровни надмолекулярной структуры вы знаете?
59. Какие морфологические структуры могут быть реализованы в редкосшитых и густосетчатых полимерах?
60. Как изменяются степень кристалличности и температура плавления кристаллитов в сетчатых полимерах?
61. Какими количественными параметрами характеризуется уровень межмолекулярного взаимодействия макромолекулярных цепей и как эти параметры зависят от концентрации межузловых цепей?
62. Какие вы знаете методы изучения структуры сетчатых полимеров.
63. Запишите уравнение Лазуркина – Гуревича и проанализируйте, как изменится время оседлой жизни узлов сетки при переходе от линейных полимеров к сетчатым?
64. Принцип работы спектрофотометра для исследования радиотермолюминесценции.
65. В чем проявляются особенности протекания γ -релаксационных процессов в сетчатых полимерах? Вклад каких «релаксаторов» в γ -релаксационный процесс повышается по мере увеличения длины межузловых цепей?
66. Какие молекулярные группы в эпоксидно-аминных полимерах ответственны за молекулярные движения типа коленчатого вала, вносящих основной вклад в γ -релаксационный переход таких полимеров?
67. Как влияет увеличение длины межузловой цепи на максимум тангенса угла механических потерь в интервале температур β -релаксационного перехода: высоту и температуры максимума, его ширину на полувысоте и др.?
68. В чем проявляется влияние увеличения длины межузловой цепи на максимум тангенса угла механических потерь в интервале температур α -релаксационного перехода?
69. Раскройте связь α -релаксационного перехода и температуры стеклования полимера.
70. Как проявляется влияние концентрации межузловых цепей на температуру стеклования сетчатых полимеров в случае отсутствия эффекта сополимеризации олигомера и отвердителя?
71. Какие уравнения используются для расчета температуры стеклования по групповым инкрементам эпоксидного и аминного фрагментов, числу атомов, вносимых эпоксидным соединением и амином в повторяющееся звено, концентрации эпоксидного и аминного мономеров и инкрементам других структурных элементов повторяющегося фрагмента полимерной сетки?
72. Как температура стеклования зависит от количества повторяющихся звеньев полимерной цепи между узлами сетки? Редкосшитые и густосетчатые полимеры.

73. Температура стеклования для густосетчатых полимеров с трех- и четырехфункциональными узлами, влияние строения узлов и равномерности их распределения в объеме полимера.
74. Как влияет наличие коротких боковых цепей в структуре полимера на их температуру стеклования?
75. Влияние плотности сшивания на деформационные и прочностные свойства сетчатых полимеров в высокоэластическом состоянии.
76. Каким уравнением выражается зависимость предельной степени растяжения полимеров от концентрации межузловых цепей?
77. Каковы возможные причины изменения вида линии зависимости предельной степени растяжения при переходе от редкосшитых к густосетчатым полимерам?
78. В чем заключаются особенности кривых диаграммы «относительное удлинение – напряжение» для сетчатых полимеров в высокоэластическом состоянии?
79. За счет протекания каких процессов происходит перераспределение напряжения на менее нагруженные межузловые цепи?
80. Что такое химическая релаксация, и какое значение она имеет при перераспределении напряжений в полимере?
81. Какие связи в полимерных сетках являются термолабильными и какое влияние они оказывают на деформационно-прочностные свойства полимеров?
82. Как объясняется экстремальный вид зависимости предела прочности при растяжении густосетчатых полимеров в высокоэластическом состоянии?
83. Какой параметр является определяющим для величины предела прочности при растяжении густосетчатых полимеров в высокоэластическом состоянии?
84. Какой вид имеют зависимости модуля упругости и предела прочности при растяжении густосетчатых полимеров в высокоэластическом состоянии?
85. Какие узлы в полимерных сетках являются топологическими и при каких условиях они могут вносить вклад в деформационно-прочностные свойства полимеров?
86. В чем проявляются особенности кривых диаграммы «относительное удлинение – напряжение» для сетчатых полимеров в стеклообразном состоянии?
87. Как объясняется колоколообразный вид кривой растяжения? Какие процессы протекают в стеклообразном сетчатом полимере при удлинении, соответствующие точке максимума на кривой «относительное удлинение – напряжение», а также немного левее и правее точки максимума?
88. Как изменяются кривые диаграммы «относительное удлинение – напряжение» для сетчатых полимеров в стеклообразном состоянии при повторных нагружениях, близких к пределу вынужденной эластической деформации?
89. Как изменяются кривые релаксации напряжения для сетчатых полимеров в стеклообразном состоянии при многократных повторных нагружениях, близких к пределу вынужденной эластической деформации?
90. Как изменяются значения предела вынужденной эластической деформации для сетчатых полимеров в стеклообразном состоянии при многократных повторных нагружениях, близких к максимуму кривой «относительное удлинение – напряжение»?
91. Каким уравнением предел вынужденной эластической деформации сетчатых полимеров связан с температурой стеклования и концентрацией межузловых цепей?
92. Какие особенности разрушения сетчатых полимеров в высокоэластическом и стеклообразном состояниях?
93. Каким уравнением предел прочности сетчатых полимеров связан с модулем упругости, поверхностной энергией растущей микротрещины и ее размером?
94. В чем заключается физический смысл поверхностной энергии растущей микротрещины.
95. Какие составляющие вносят вклад в величину поверхностной энергии растущей микротрещины и порядки значений этих составляющих?

96. Охарактеризуйте методы модификации сетчатых полимеров (с целью повышения деформационно-прочностных свойств) на всех уровнях их структурной организации: молекулярном, топологическом и надмолекулярном.
97. Повышения деформационно-прочностных свойств за счет изменения морфологии полимеров.
98. Влияние микрофазовой сегрегации в эпоксидно-каучуковых системах на деформационно-прочностные свойства сетчатых полимеров.
99. Что такое взаимопроникающие полимерные сетки, их классификация и свойства?
100. Общая характеристика и основные свойства полимерных композиционных материалов. Что такое полимерные нанокомпозиты?
101. Классификацию по каким признакам нанонаполнителей, вы знаете?
102. Приведите примеры нульмерных, одномерных, ди- и трехмерных нано-наполнителей.
103. Какова роль большой доли приповерхностных атомов в специфике нано-материалов?
104. Какова роль большой удельной поверхности наполнителя на интервал его концентраций, в котором проявляется модифицирующий эффект на полимерную матрицу?
105. Какие особенности структуры слоистых алюмосиликатов?
106. Какие методы предварительной обработки алюмосиликатов применяются для получения полимерных нанокомпозитов? Что такое интеркаляция и эксфолиация?
107. Барьерные свойства полимерных композитов с 2D-нанонаполнителями, их термическая стабильность и огнезащитные свойства.
108. Какие особенности строения, размеры и прочностные свойства имеют углеродные нанотрубки?
109. Методы получения композитов на основе углеродных нанотрубок.
110. Какое влияние на деформационно-прочностные и электрические свойства оказывает увеличение концентрации нанотрубок в полимерах?
111. Структурированные системы, содержащие несколько полимеров.
112. In situ композиты и взаимопроникающие полимерные сетки.
113. В чем заключается принцип получения наночастиц методом золь-гель синтеза?
114. Каковы условия получения in situ стабильного золя полисилоксановых частиц и нанокомпозитов с применением эпоксидного связующего ангидридного отверждения?
115. Каковы условия получения in situ стабильного золя полисилоксановых частиц и нанокомпозитов на его основе с применением эпоксидного связующего аминного отверждения?
116. Каковы условия получения in situ стабильного золя полисилоксановых частиц и нанокомпозитов на его основе с применением эпоксидного связующего катионной полимеризации?
117. В чем заключаются отличительные особенности условий получения эпоксидно-оксиднотитановых нанокомпозитов, полученных золь методом на основе тетрабутоксититана?
118. Эпоксидно-полисилоксановые нанокомпозиты. Влияние концентрации нанонаполнителя на теплофизические и релаксационные свойства.
119. В чем заключаются отличительные особенности условий получения эпоксидно-оксиднотитановых нанокомпозитов, полученных золь методом на основе тетрабутоксититана?
120. Структурированные системы, содержащие несколько полимеров.
121. In situ композиты и взаимопроникающие полимерные сетки.
122. В чем заключается принцип получения наночастиц методом золь-гель синтеза?
123. Каковы условия получения in situ стабильного золя полисилоксановых частиц и нанокомпозитов с применением эпоксидного связующего ангидридного отверждения?
124. Каковы условия получения in situ стабильного золя полисилоксановых частиц и нанокомпозитов на его основе с применением эпоксидного связующего аминного отверждения?

125. Каковы условия получения *in situ* стабильного золя полисилоксановых частиц и нанокомпозитов на его основе с применением эпоксидного связующего катионной полимеризации?
126. В чем заключаются отличительные особенности условий получения эпоксидно-оксиднотитановых нанокомпозитов, полученных золь методом на основе тетрабутоксититана?
127. Эпоксидно-полисилоксановые нанокомпозиты. Влияние концентрации нанонаполнителя на теплофизические и релаксационные свойства.
128. В чем заключаются отличительные особенности условий получения эпоксидно-оксиднотитановых нанокомпозитов, полученных золь методом на основе тетрабутоксититана?

9. ОБРАЗЕЦ МОДУЛЬНОГО КОНТРОЛЯ

Учитывая малый объем лекционных и практических занятий, модульный контроль осуществляется по результатам выполнения индивидуальных творческих работ (представленных в пункте 7), их доклада на семинарских занятиях, устного опроса и текущего тестирования.

10. ОБРАЗЕЦ ЭКЗАМЕНАЦИОННОГО БИЛЕТА

(теоретические вопросы к экзамену, образец билета и критерии оценивания)

Теоретические вопросы к экзамену

1. Формирования молекулярной структуры сетчатых полимеров ионной полимеризации: механизм катионной полимеризации эпоксидных соединений в присутствии комплексов трифторида бора.
2. Влияние плотности сшивания на прочность и деформационные свойства сетчатых полимеров в стеклообразном состоянии.
3. Изменение релаксационных свойств сетчатых полимеров при повторных нагрузках.
4. Охарактеризовать методы электретно-термического анализа и дифференциальной сканирующей микрокалориметрии.
5. Механизм формирования молекулярной структуры сетчатых полимеров: некаталитические реакции полиприсоединения эпоксид – ангидрид дикарбоновой кислоты. Повторяющийся фрагмент полимерной сетки.
6. Механизм формирования молекулярной структуры сетчатых полимеров: каталитические реакции полиприсоединения эпоксид – ангидрид дикарбоновой кислоты.
7. Влияние плотности сшивания на прочностные и деформационные свойства сетчатых полимеров в высокоэластическом состоянии.
8. Золь-гель процесс при получении нанокомпозитов.
9. Морфология и топологическая структура эпоксидно-полисилоксановых нанокомпозитов.
10. Механизм формирования молекулярной структуры сетчатых полимеров: реакции полиприсоединения эпоксид – амин. Структура повторяющегося звена.
11. Охарактеризовать топологическую структуру сетчатых полимеров. Эластично активные цепи, концентрация сшивающих узлов, молекулярная масса межузловых цепей.
12. Влияние плотности сшивания на сегментально групповые движения в сетчатых полимерах, α -релаксационный переход.
13. Температура стеклования сетчатых полимеров, влияние концентрации сшивающих узлов и неоднородности их распределения.
14. Антикоррозионные и защитные покрытия на основе эпоксидно-полисилоксановых нанокомпозитов.
15. Эпоксидные смолы и отвердители, влияние их строения на свойства сетчатых полимеров.

16. Свойства полимерных нанокомпозитов, наполненных слоистыми алюмосиликатами и углеродными нанотрубками.
17. Влияние плотности сшивания на молекулярно-динамические свойства сетчатых полимеров. Локальные (β и γ) релаксационные переходы.
18. Основные положения механизма и реакции трехмерной полимеризации.
19. Гелеобразование и микросинерезис при трехмерной полимеризации, фронтальная полимеризация.
20. Изменение скорости полимеризации, числа и размеров микрогелевых частиц в процессе полимеризации.
21. Эпоксидно-полисилоксановые нанокомпозиты. Влияние концентрации нанонаполнителя на теплофизические и релаксационные свойства.
22. Общие особенности структуры и свойств сетчатых полимеров. Привести классификацию сетчатых полимеров по механизму формирования структуры.
23. Влияние плотности сшивания на надмолекулярную структуру сетчатых полимеров. Морфология сетчатых полимеров.
24. Межмолекулярные взаимодействия и упаковка в сетчатых полимерах.
25. Основные положения теории гелеобразования. Метод разветвленных процессов, первый момент распределения, уравнение для критической степени преобразования.
26. Хрупкое разрушение сетчатых полимеров, основные направления модификации их структуры и свойств.
27. Сетчатые полимеры на основе природных биополимеров, вулканизация натурального каучука.
28. Сетчатые полимеры на основе природных биополимеров, дубление кожи.
29. Сетчатые полимеры на основе природных биополимеров, высыхающие масла.
30. Свойства эпоксидно-полисилоксановых нанокомпозитов. Влияние концентрации нанонаполнителя на устойчивость к термоокислительной деструкции.
31. Свойства эпоксидно-полисилоксановых нанокомпозитов, влияние концентрации нанонаполнителя на адгезионные свойства композитов.
32. Свойства эпоксидно-полисилоксановых нанокомпозитов, влияние концентрации нанонаполнителя на деформационно-прочностные свойства композитов.
33. Моделирование структуры сетчатых полимеров, топологический предел отверждения.
34. Особенности кинетики поликонденсации редкосетчатых полиуретановых полимеров. Постулат Флори, уравнение Аврами.
35. Влияние концентрации нанонаполнителя на параметры топологической структуры эпоксидно-полисилоксановых нанокомпозитов катионной полимеризации.
36. Влияние концентрации оксида титана на параметры топологической структуры эпоксидно-оксиднотитановых нанокомпозитов катионной полимеризации.
37. Влияние концентрации оксида титана на параметры топологической структуры эпоксидно-оксиднотитановых нанокомпозитов аминного отверждения.
38. Влияние концентрации нанонаполнителя на параметры топологической структуры эпоксидно-полисилоксановых нанокомпозитов ангидридные отверждения.
39. Влияние концентрации нанонаполнителя на параметры топологической структуры эпоксидно-полисилоксановых нанокомпозитов аминного отверждения.
40. Взаимопроникающие полимерные сетки, классификация и свойства.
41. Эпоксидно-аллильные взаимопроникающие полимерные сетки.
42. Схемы химических реакций сшивания природного каучука. Инициирование термической полимеризации, образование сульфидных и полисульфидных сшивающих узлов.
43. Общая характеристика и основные свойства полимерных композиционных материалов.
44. Синтетические сетчатые полимеры на основе полифункциональных мономеров и олигомеров (фенолоформальдегидные, акриловые, уретановые и др.).
45. Классификация нанонаполнителей, используемых для получения полимерных нанокомпозитов. Примеры нульмерных, одномерных, ди- и трехмерных нанонаполнителей.

Образец экзаменационного билета

ГОУ ВПО «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Химический факультет

Направление подготовки: **04.04.01 Химия**

Программа подготовки: **Химия**

Семестр **II**

Учебная дисциплина **Сетчатые полимеры и нанокмполиты на их основе**

БИЛЕТ №1

1. Классификация нанонаполнителей, используемых для получения полимерных нанокмполитов. Примеры нульмерных, одномерных, ди- и трехмерных нанонаполнителей.
2. Схемы химических реакций сшивания натурального каучука. Инициирование термической полимеризации, образования сульфидных и полисульфидных сшивающих узлов.
3. Влияние плотности сшивания на молекулярно-динамические свойства сетчатых полимеров. Локальные (β и γ) релаксационные переходы.

Критерии оценивания экзамена

Номер задания	Количество баллов
1	20
2	15
3	15
Всего	50 баллов

11. ОБРАЗЕЦ ТЕСТОВОГО ЗАДАНИЯ

Тестовые задания по курсу «Сетчатые полимеры и нанокмполиты на их основе» генерируются системой дистанционного обучения MOODLE случайным выбором 20 вопросов из банка вопросов следующих типов: на соответствие, множественный выбор с одним правильным ответом, множественный выбор с несколькими правильными ответами. Примеры вопросов различных типов приведены ниже.

Вопрос на соответствие.

Чему равна вероятность того, что при формировании полимерной сетки трехфункциональных узлов от выбранного звена в выбранных поколениях в следующее поколение отходят i звеньев.

Укажите соответствие для всех 7 вариантов ответа:

- 1) Для нулевого поколения
- 2) Для первого и всех остальных поколений, кроме нулевого

- a) Вероятность отсутствия отходящих звеньев $p_{00} = (1 - \alpha)^3$
- b) Вероятность одного отходящего звена $p_{10} = 3\alpha(1 - \alpha)^2$
- c) Вероятность двух отходящих звеньев $p_{20} = 3\alpha^2(1 - \alpha)$
- d) Вероятность трех отходящих звеньев $p_{30} = \alpha^3$

- е) Вероятность отсутствия отходящих звеньев $p_{01} = (1 - \alpha)^2$
 ф) Вероятность одного отходящего звена $p_{11} = 2\alpha(1 - \alpha)$
 г) Вероятность двух отходящих звеньев $p_{21} = \alpha^2$

Ответ: 1a, 1b, 1c, 1d, 2e, 2f, 2g (верные ответы «перемешиваются» системой).

Вопрос на множественный выбор с одним правильным ответом.

Что характеризует топологическая структура сетчатых полимеров?

Выберите один из 7 вариантов ответа:

- 1) Элементный состав повторяющихся звеньев
- 2) Стереохимическую организацию повторяющихся звеньев
- 3) Характер присоединения звеньев друг к другу
- 4) Тип концевых и узловых групп
- 5) Связность и разветвленность элементов, составляющих молекулярную структуру
- 6) Уровень межмолекулярного взаимодействия цепей полимера
- 7) Степень упорядоченности (морфологические особенности) полимера

Ответ: 1a, 1b, 1c, 1d, 2e, 2f, 2g (номер верного ответа «перемешивается» системой).

Вопрос на множественный выбор с несколькими правильными ответами.

В соответствии с рекомендациями IUPAC определение термина «сетчатый полимер» включает следующие положения:

Выберите несколько из 5 вариантов ответа:

- 1) Сетчатый полимер состоит из одной или нескольких сеток.
- 2) Сеткой называется разветвленная макромолекула, в которой практически каждое составное звено соединено с каждым другим составным звеном и со всей макроскопической фазой множеством постоянных путей по макромолекуле
- 3) Число постоянных путей по макромолекуле увеличивается с повышением степени сшивания
- 4) Сетчатый полимер не переходит в вязкотекучее состояние ни при каких температурах (без разрыва химических связей)
- 5) Сетчатый полимер не растворяется ни в каких растворителях

Ответ: 1, 2, 3 (номера верных ответов «перемешиваются» системой).

12. КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ

Учебным планом дисциплины «Сетчатые полимеры и нанокompозиты на их основе» предусмотрено проведение семинарских занятий. Кроме того при изучении курса проводится тестирование, устный опрос, а также выполнение обязательных творческих индивидуальных заданий. Контроль знаний студентов проводится по результатам экзамена и текущей работы студентов: выполнения индивидуальных заданий, приведенных в пункте 7, тестирования и др. Максимально возможное число баллов, набранное при текущем контроле составляет 50 баллов. Максимально возможное число баллов, набранное на экзамене, также составляет 50 баллов.

**Распределение баллов, которые могут получить студенты
в процессе изучения дисциплины**

Текущий контроль	Промежуточная аттестация	Всего
Тестирование, выполнения обязательных индивидуальных заданий, устное собеседование (опрос)	Экзамен	100 баллов
max 50 баллов	max 50 баллов	

Шкала соответствия баллов национальной шкале

Оценка по шкале ECTS	Оценка по 100-балльной шкале	Оценка по государственной шкале (экзамен, дифференцированный зачет)	Оценка по государственной шкале (зачет)
A	90-100	5 (отлично)	зачтено
B	80-89	4 (хорошо)	зачтено
C	75-79	4 (хорошо)	зачтено
D	70-74	3 (удовлетворительно)	зачтено
E	60-69	3 (удовлетворительно)	зачтено
FX	35-59	2 (неудовлетворительно) с возможностью повторной сдачи	не зачтено
F	0-34	2 (неудовлетворительно) с возможностью повторной сдачи при условии обязательного набора дополнительных баллов	не зачтено

13. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА

Для проведения лекционных и практических занятий требуется аудитория на группу, оборудованная меловой или интерактивной доской, мультимедийным проектором и экраном.

14. РЕКОМЕНДОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

№ п/п	Наименование	Кол-во экземпляров в библиотеке ДонНУ	Наличие электронной версии в ЭБС
1	2	3	4
Основная литература			
1.	Михальчук В. М. Синтез, структура и свойства сетчатых полимеров [Текст]: учебно-методическое пособие / В.М. Михальчук – 2-е изд., испр. и доп. – Донецк: ДонНУ, 2019. – 119 с.	8	+
2.	Михальчук, В.М. Наноккомпозиты на основе эпоксидных полимеров [Электронный ресурс]: / В.М. Михальчук – Донец. нац. ун-т. – Донецк: ДонНУ, 2016. – 103 с.	0	+
3.	Михальчук, В.М. Сетчатые полимеры и наноккомпозиты [Электронный ресурс]: методические	0	+

1	2	3	4
	указания к выполнению самостоятельных работ / В.М. Михальчук – Донец. нац. ун-т. – Донецк: ДонНУ, 2016. – 29 с.		
4.	Лыга, Р.И. Синтез и свойства высокомолекулярных соединений [Текст]: учебно-методическое пособие / Р. И. Лыга, В. М. Михальчук, Т. Б. Полищук и др. - Д о н е ц к : Д о н Н У , 2020. - 133 с .	9	+
5.	Сергеев, Г. Б. Нанохимия [Электронный ресурс]: учеб. пособие / Г.Б. Сергеев. – 4-е изд. – М.: Книжный дом Университет, 2015. – 365 с. https://bookonline.ru/product-pdf/nanohimiya	0	+
<i>Дополнительная литература</i>			
6.	Кудашев, С.В. Композиционные материалы на основе высокомолекулярных соединений и дисперсных систем органической и органоминеральной природы [Электронный ресурс]: монография / С.В. Кудашев, В.Ф. Желтобрюхов, Т.И. Даниленко. – Волгоград: Волгоградский государственный технический университет, 2015. – 144 с. https://elibrary.ru/item.asp?id=25369642	0	+
7.	Таланов, В.М. Основы нанохимии и нанотехнологий [Электронный ресурс]: учебное пособие / В.М. Таланов, Г.П. Ерейская. – Новочеркасск: Южно-Российский государственный политехнический университет, 2014. – 524 с. https://elibrary.ru/item.asp?id=25752496	0	+
8.	Адаменко, Н.А. Полимерные композиционные материалы [Электронный ресурс]: Учебно-методическое пособие / Н.А. Адаменко, Г.В. Агафонова, А.В. Фетисов – Волгоград: Волгоградский государственный технический университет, 2016.– 96 с. https://elibrary.ru/item.asp?id=26277585	0	+
9.	Михайлов, М.Д. Физико-химические основы получения наночастиц и наноматериалов. Химические методы получения [Электронный ресурс]: учебное пособие/ М.Д. Михайлов – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, 2012. – 259 с. https://elibrary.ru/item.asp?id=24094287	0	+
10.	Лебедев, Е.В. Фазовые процессы в гетерогенных полимерных системах / Е.В. Лебедев, Е.П. Мамуня, В.М. Михальчук и др.; под ред. Е.В. Лебедева; Нац. акад. наук Украины, Ин-т химии высокомолекуляр. соединений. – Киев: Наук. думка, 2012. – 431 с.	2	–

1	2	3	4
11.	Журналы: «Высокомолекулярные соединения» https://elibrary.ru/title_about.asp?id=7756 , «Успехи химии» https://elibrary.ru/title_about.asp?id=9200 , «Пластические массы» https://elibrary.ru/title_about.asp?id=7947 , «Журнал прикладной химии»	0	+

15. ИНФОРМАЦИОННЫЕ РЕСУРСЫ

<https://physchemistrydonnudenetsk.moodlecloud.com/> – Михальчук, В. М. Курс дистанционного обучения Сетчатые полимеры и наноккомпозиты.

<http://plastpolymer.org/links.htm> – Ссылки на сайты по полимерной тематике и каталоги.

<https://www.plastics.ru/index.php?lang=ru&view=link> – Каталог полимерных ресурсов интернет.

16. ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

1. Windows 7 PRO (корпоративная лицензия ДОННУ № 46484614)
2. Microsoft Office (корпоративная лицензия ДОННУ № 46472919)
3. Microsoft Visual Studio (лицензия программы DreamSpark для высших учебных заведений)
4. Лицензии GPL, Apache, BSD для свободного программного обеспечения:
5. – Антивирус Касперского;
6. – Adobe Acrobat Reader;
7. – xPDF.