

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна»
(СПбГУПТД)

УТВЕРЖДАЮ

Первый проректор, проректор по
УР

_____ А.Е. Рудин

«21» ___ 02 ___ 2023 года

Рабочая программа дисциплины

Б1.В.05

Физико-химические основы получения полимерных композиционных и
нанокomпозиционных материалов

Учебный план: 2023-2024 18.04.01 ИПХиЭ ТППиКМ ОО №2-1-96.plx

Кафедра: **32** Наноструктурных волокнистых и композиционных материалов им.
А.И.Меоса

Направление подготовки: 18.04.01 Химическая технология
(специальность)

Профиль подготовки: Технология получения полимерных композиционных и
(специализация) нанокomпозиционных материалов

Уровень образования: магистратура

Форма обучения: очная

План учебного процесса

Семестр (курс для ЗАО)	Контактная работа обучающихся			Сам. работа	Контроль, час.	Трудоё мкость, ЗЕТ	Форма промежуточной аттестации	
	Лекции	Практ. занятия	Лаб. занятия					
2	УП	17	17	34	49	27	4	Экзамен
	РПД	17	17	34	49	27	4	
3	УП	17	17	34	49	27	4	Экзамен
	РПД	17	17	34	49	27	4	
Итого	УП	34	34	68	98	54	8	
	РПД	34	34	68	98	54	8	

Санкт-Петербург
2023

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 18.04.01 Химическая технология, утверждённым приказом Минобрнауки России от 07.08.2020 г. № 910

Составитель (и):

доктор технических наук, Профессор

Васильев Михаил
Петрович

От кафедры составителя:

Заведующий кафедрой наноструктурных волокнистых и композиционных материалов им. а.и.меоса

Лысенко Александр
Александрович

От выпускающей кафедры:

Заведующий кафедрой

Лысенко Александр
Александрович

Методический отдел:

1 ВВЕДЕНИЕ К РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЕ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1 Цель дисциплины: Сформировать у обучающихся компетенции в области физико-химических явлениях в процессе получения композиционных и нанокomпозиционных полимерных материалов, ввести в курс новейших достижений в области нанотехнологий, способных трансформировать физическую структуру и химическое строение полимеров, придать им комплекс улучшенных и специальных свойств

1.2 Задачи дисциплины:

Ознакомить с фундаментальными физико-химическими основами современных процессов наноструктурирования полимерных материалов;

Раскрыть влияние на свойства композитов и нанокomпозитов их природы, специфики и условий структурообразования;

Научить правильно интерпретировать и представлять результаты исследований технологий получения наноструктурированных композиционных материалов,

Ознакомить с различными направлениями и технологиями получения нанополимерных композиционных материалов.

1.3 Требования к предварительной подготовке обучающегося:

Предварительная подготовка предполагает создание основы для формирования компетенций, указанных в п. 2, при изучении дисциплин:

Научно-исследовательская работа

Планирование и анализ эксперимента

Патентно-лицензионная работа и авторское право

Технология получения полимерных композиционных и нанокomпозиционных материалов

Методы исследования полимерных композиционных и нанокomпозиционных материалов

Фазовые превращения в полимерных системах

2 КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

ПК-2: Способен разрабатывать программы исследований и проводить исследования, обеспечивающие создание и реновацию технологий полимерных композиционных и нанокomпозиционных материалов
Знать: научные и технологические основы получения наполнителей, полимерных связующих, принципы совмещения связующих и наполнителей; физико-химические процессы на границе раздела фаз
Уметь: понимать главные проблемы и задачи современной нанохимии и нанотехнологии в процессах получения наноструктурных композиционных материалов; проводить экспериментальные исследования в области физико-химических взаимодействий наполнитель – связующее, наполнитель – матрица
Владеть: навыками исследования и изучения свойств наноразмерных систем; работы в химической лаборатории с нанополимерами, связующими и матрицами

3 РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Наименование и содержание разделов, тем и учебных занятий	Семестр (курс для ЗАО)	Контактная работа			СР (часы)	Инновац. формы занятий	Форма текущего контроля
		Лек. (часы)	Пр. (часы)	Лаб. (часы)			
Раздел 1. Синтез полимеров контролируемой структуры и изучение их свойств	2						ДЗ,О
Тема 1. Синтез гомополимеров и блоксополимеров Практические занятия: Синтез полимеров контролируемой структуры Лабораторные работы: Введение. Задачи и безопасность проведения лабораторного практикума		1	1	2	3	ИЛ	

<p>Тема 2. Свободно-радикальная живая полимеризация с обратимым ингибированием, обратимой рекомбинацией. Практические занятия: Введение. Задачи и безопасность проведения лабораторного практикума. Лабораторные работы: Получение полиоксидазольных пленок, наполненных наночастицами фталоцианинов меди.</p>	2	1	4	4	ИЛ	0
<p>Тема 3. Полимеризация с участием стабильных свободных радикалов гомополимеров и блоксополимеров. Практические занятия: Получение диблоксополимеров различными методами. Лабораторные занятия: Получение полимерных пленок, наполненных наночастицами различной природы и исследование их свойств.</p>	2	2	8	4	ИЛ	
<p>Раздел 2. Особенности био- и синтетических полимеров применительно к наноструктурированию</p>						
<p>Тема 4. Классификация полимерных наноматериалов Практические занятия: Классификация наноматериалов, типы макромолекул. Лабораторные работы: Определение гранулометрического состава порошков ситовым методом.</p>	2	2	2	8	ИЛ	
<p>Тема 5. Методы синтеза полимерных наноструктур. Практические занятия: Типы нанополимеров. Лабораторные работы: Получение наночастиц серебра на активированном углеродном волокне и изучение свойств полученных материалов.</p>	1	2	4	4	ИЛ	
<p>Тема 6. Типы макромолекул, их способность к наноструктурированию. Практические занятия: Способность к наноструктурированию различных макромолекул Лабораторные работы: Изучение нано- и микрочастиц различной природы с использованием оптических микроскопов.</p>	2	3	4	4	ИЛ	

<p>Раздел 3. Закономерности получения текучих составов нано-полимеров</p>						0
<p>Тема 7. Плавление полимеров. Нанокристаллизация из аморфной фазы. Практические занятия: Физико-химические основы получения текучих составов нанополимеров. Лабораторные работы: Получение нано пленок методом Spin coating.</p>	2	1	10	4		
<p>Тема 8. Растворение полимеров, характеристика растворов применительно к наноструктурированию. Практические занятия: Растворы нанополимеров.</p>	2	2		4		

Тема 9. Классификация растворителей полимеров, используемых при наноструктурировании. Практические занятия: Растворы нанополимеров, их свойства.		1	1		7		
Тема 10. Превращения в растворах дендримеров. Практические занятия. Растворы дендримеров, их свойства.		2	2		7	ИЛ	
Итого в семестре (на курсе для ЗАО)		17	17	34	49		
Консультации и промежуточная аттестация (Экзамен)		2,5			24,5		
Раздел 4. Формирование полимерных наноструктур и наноматериалов							
Тема 11. Фазовый распад. Фазовые переходы в нанополимерных текучих составах. Практические занятия. Физико-химические принципы формирования полимерных наноструктур.		1	2		4		
Тема 12. Механизмы структурообразования в водных растворах амфифилов. Практические занятия. Физико-химические принципы формирования дифильных полимерных наноструктур. Лабораторные работы. Исследования термических свойств пленок методом термогравиметрического анализа.		1	2	10	4		О
Тема 13. Термодинамика формирования взаимопроникающих полимерных сеток Практические занятия. Получение взаимопроникающих нанополимерных сеток	3	1	2		4		
Тема 14. Формирование фрактальных агрегатов из полимеров. Практические занятия. Формы самоорганизации при получении наноматериалов.			2		4		
Тема 15. Микроархитектурные превращения в блоксополимерах. Практические занятия. Микроархитектурные превращения в диблоксополимерах		1	1		1	ИЛ	
Раздел 5. Самоорганизация полимеров, формы самоорганизации при получении наноматериалов							О
Тема 16. Термодинамика самосборки в полимерных составах. Практические занятия. Самоорганизация полимеров, формы самоорганизации при получении наноматериалов		2	1		4		
Тема 17. Особенности термодинамики блок-сополимеров. Практические занятия. Превращения в блок-сополимерах, микроархитектурные формы.		2	1		4		
Тема 18. Самоорганизация на межфазной поверхности. Монослои полимеров. Практические занятия. Термодинамика превращений в растворах нанополимеров.		2	1		4		

Тема 19. Синерезис и деформация структуры в текучих системах при наноструктурировании полимеров. Практические занятия. Превращения в текучих составах полимеров при наноструктурировании. Лабораторные работы. Изучение некоторых физико-механических свойств полимерных пленок и полимерных пленок, наполненных наночастицами различной природы.	2	1	9	4		
Тема 20. Наноструктурирование на твердой фазе. Полимерные «щетки» диблоксополимерные мицеллы. Практические занятия. Наноструктурированные и наноразмерные полимерные планарные структуры. Лабораторные работы. Получение пленок из СВМПЭ, наполненных наночастицами различной природы и исследование их свойств.	1	1	10	4	ИЛ	
Раздел 6. Общие представления о свойствах наноматериалов						
Тема 21. Особые свойства наноматериалов. Практические занятия. Получение нанокомпозитов и их сравнительные свойства. Лабораторные работы. Синтез высокодисперсного магнетика и исследование его свойств.	1	1	5	4		
Тема 22. Взаимосвязь свойств наноматериалов и химического состава, пространственной формы и геометрического размера наноструктур полимера. Практические занятия. Получение нанокомпозитов и нанополимеров с широким комплексом свойств.	1	1		4		О
Тема 23. Методы нанодиагностики полимерных наноматериалов. Практические занятия. Свойства полимерных нанокомпозитов и наноматериалов, методы их диагностики.	2	1		4	ИЛ	
Итого в семестре (на курсе для ЗАО)	17	17	34	49		
Консультации и промежуточная аттестация (Экзамен)		2,5		24,5		
Всего контактная работа и СР по дисциплине		141		147		

4 КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

Курсовое проектирование учебным планом не предусмотрено

5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

5.1 Описание показателей, критериев и системы оценивания результатов обучения

5.1.1 Показатели оценивания

Код компетенции	Показатели оценивания результатов обучения	Наименование оценочного средства
ПК-2	Характеризует физико-химические основы получения наполнителей, полимерных связующих, принципов совмещения связующих и наполнителей; . Проводит оценку проблем и задач химии и технологии наноструктурных композиционных материалов; Анализирует свойства наноразмерных систем, работает в научной лаборатории с нанокомпозитами и нанополимерами.	Вопросы для устного собеседования Вопросы для тестирования Практико-ориентированные задания

5.1.2 Система и критерии оценивания

Шкала оценивания	Критерии оценивания сформированности компетенций	
	Устное собеседование	Письменная работа
5 (отлично)	Полный, исчерпывающий ответ, демонстрирующий глубокое понимание предмета	
4 (хорошо)	Ответ полный, основанный на проработке всех обязательных источников информации. Ответ стандартный, в целом качественный,	
3 (удовлетворительно)	Ответ воспроизводит в основном только лекционные материалы. Демонстрирует понимание предмета в целом, без углубления в детали	
2 (неудовлетворительно)	Непонимание заданного вопроса. Неспособность сформулировать хотя бы отдельные концепции дисциплины. Попытка списывания, использования неразрешенных технических устройств или пользования подсказкой другого человека	

5.2 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

5.2.1 Перечень контрольных вопросов

№ п/п	Формулировки вопросов
Семестр 2	
1	Основные задачи развития научных исследований и практических разработок в области наноструктурированных полимерных материалов.
2	Особенности реализации радикальной полимеризации при синтезе полимеров контролируемой структуры
3	Бионаноматериалы, принципы их образования.
4	Основные требования, предъявляемые к полимерам, способным к наноструктурированию
5	Классификация полимерных наноматериалов
6	Основные типы пространственных синтетических макромолекул и их способность к наноструктурированию.
7	Растворение нанополимеров, характеристика их растворов
8	Основные типы растворителей, применяемых при наноструктурировании полимеров
9	Дендримеры, их характеристика, практическая значимость
10	Полимерные расплавы, нанокристаллизация из аморфной фазы
11	Фазовые превращения в растворах полимеров. Явления преципитации
12	Структурообразование в растворах амфифилов
13	Термодинамика фазового распада в расплавах диблоксополимеров при получении наноматериалов.
Семестр 3	
14	Механизм образование взаимопроникающих сеток при получении нанополимеров
15	Органические фрактальные структуры, их формирование в наноматериалах Микроархитектоника в расплавах нанополимеров Термодинамика самосборки в полимерных растворах
16	Полимерные порошки, пленки, мембраны, волокнистые структуры
17	Термодинамика самосборки и самоорганизации в текучих составах мультимикроблоксополимеров
18	Наносборка на межфазной поверхности монослоев полимеров
19	Полимерные «щетки»
20	Наноструктурирование на твердой фазе, физико-химические особенности
21	Влияние химического состава, пространственной формы и геометрии макромолекул на способность полимеров к наноструктурированию Инструментальные методы исследования структуры и свойств нанополимеров
22	Инструментальные методы исследования структуры и свойств нанополимеров

5.2.2 Типовые тестовые задания

Тестирование к дисциплине «Физико-химия получения наноструктурных полимерных материалов»

К одномерным нанообъектам можно отнести:

- А) квантовые точки
- В) нановолокна
- Б) полимерные нанопленки
- Г) нанопорошки

Образование сложных наноструктур в закрытых системах проходит

- А) за счет минимизации свободной энергии
- Б) химических взаимодействий
- В) вследствие внешнего подвода энергии

Какие из приведенных параметров оказывают существенное влияние на способность полимера к наноструктурированию?

- А) величина молекулярной массы
- Б) пространственная форма макромолекул
- В) диапазон молекулярно-массового распределения
- Г) карбоцепное или гетероцепное строение основной цепи макромолекулы

К механизму получения наноматериалов «снизу вверх» относится:

- А) испарение в электрической дуге
- Б) магнитное распыление
- В) механический помол
- Г) лазерное испарение

Системы, в которых, механизм самосборки обусловлен стремлением к минимизации внутренней энергии.

- А) синтетические
- В) искусственные
- Б) биологические

6

С помощью метода диспергирования можно получать:

- А) нановолокна
- В) мицеллы
- Б) нанопленки
- Г) нанопорошки

Перечислить структурные формы макромолекул, способных к нанокристаллизации.

- А) Линейные,
- Б) гребнеобразные,
- В) сетчатые,
- Г) макроциклические,
- Д) лестничные,

Перечислить основные физико-химические процессы, не происходящие в полимерных составах при получении наноструктурированных материалов.

- А). Фазовый распад (фазовое превращение).
- Б) Деформация системы на разных этапах ее формирования.
- В). Деформация, сопровождаемая релаксацией.

Самопроизвольное образование упорядоченных пространственных или временных структур в условиях непрерывных потоков энергии и вещества в сильно неравновесных открытых системах – это

- А) кристаллизация
- В) формование
- Б) осаждение
- Г) самоорганизация

Образование наноразмерных структур в блок-сополимере осуществляется за счет:

- А) кристаллизации
- Б) микрофазного расслоения
- В) осаждения

Слоистые нанокомпозиты не получают на основе

- А) двух разнотипных полимеров
- Б) полимеров и керамики

К полимерным нанокомпозитам не относятся:

- А) углеродные нанотрубки
- Б) дендримеры
- В) полиамид-6, наполненный эксфолированной глиной
- Г) углеродные нановолокна

5.2.3 Типовые практико-ориентированные задания (задачи, кейсы)

- 1 Опишите подробно технологию получения наноразмерной мультислойной пленки.
Обучающийся раскрывает в виде последовательных, поэтапных стадий технологию, приводя конкретные условия проведения каждой стадии.
- 2 Рассчитайте толщину наноразмерной монослойной пленки хлорсодержащего полимера, полученной на твердой субфазе
Формула для расчета $b = P/\rho S$
P - масса полимера в растворе, г
P физическая плотность полимера, г/см³
S площадь пленки после отверждения. см²
- 3 Опишите подробно технологию формирования наночастиц из кластеров фталоцианина в разбавленном растворе диметилформамида при формировании планарных полимерных структур полиакрилата.
Обучающийся представляет в виде последовательных, поэтапных стадий технологию, приводя конкретные параметры и условия проведения каждой стадии.
- 4 Описать и обосновать процесс формирования нанопленки полиметилметакрилата из растворов.
Технология представляется в виде последовательных, стадий, приводятся конкретные условия проведения каждой стадии на установке Ленгмюра-Блоджет
5. Опишите получение супрамолекулярной полимерной структуры на основе диаминопиридина и урацила
Ансамбль-ассоциаты супрамолекулярных структур образуются за счет формирования физических связей между активными группами исходных продуктов. Амино группы диаминопиридина и кислородные группы урацила способны создавать сетку водородных связей, определяющих прочность пространственной супра-структуры полимера на стадиях х и о с ажд е н и я, отверждения и испарения жидкой фазы.
- 6 Приведите основные признаки полимерных наночастиц и наноматериалов на их основе
Геометрические размеры наноразмерных частиц, структур 1-100 нм..
Кри тический размер физического эффекта 100 нм.. Доля границ раздела нано-структур в материале более 50%,
Пространственный размер полимерного вещества по одной из трех координат находится в нанодиапазоне, (менее 100 нм)
- 7.Получена мультислойная коллагеновая нанопленка (длина 100 мм . ширина 10 мм. толщина 100 мкм . разрывная нагрузка - 10 кг). Рассчитать удельную прочность пленки. Формула для расчета Руд Р_a/bВ
Руд удельная прочность кг/мм²
Р_p - разрывная нагрузка, кг 8 = толщина, мкм.,
В ширина пленки, мм
- 8 Рассчитать меру гибкости полимерной свободно сочлененной цепи и обосновать ее наноразмер
Формула для расчета меры гибкости свободно-сочлененной полимерной цепи из статистического анализа
 $R = Nl/2 - 1 N$ - количество статистических сегмента (N < 104).
l величина статистического сегмента (1-10 нм).
R соответствует менее 100 нм
- 9 Рассчитать величину вязкости дисперсного нанополимерного раствора Формула для расчета вязкости дисперсии
 $\eta = \eta_0 (1 + k\phi)$. η вязкость раствора дендримера, Па.с.
 η_0 — вязкость растворителя
k. константа вискозиметра, ϕ - объемная доля полимера
- 10.Обоснуйте термодинамические условия растворения для обеспечения мономолекулярной дисперсности растворов нанополимеров
Условия описываются в виде соотношений энтальпийных (AH) и энтропийных (AS) параметров, приводятся текстовые обоснования вероятности и устойчивости молекулярного диспергирования нанополимера.

5.3 Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, владений (навыков и (или) практического опыта деятельности)

5.3.1 Условия допуска обучающегося к промежуточной аттестации и порядок ликвидации академической задолженности

Проведение промежуточной аттестации регламентировано локальным нормативным актом СПбГУПТД «Положение о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся»

5.3.2 Форма проведения промежуточной аттестации по дисциплине

Устная Письменная Компьютерное тестирование Иная

5.3.3 Особенности проведения промежуточной аттестации по дисциплине

подготовка ответов 40 минут, затем следует устное собеседование и оценка результатов по пятибальной системе.

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1 Учебная литература

Автор	Заглавие	Издательство	Год издания	Ссылка
6.1.1 Основная учебная литература				
Барсукова, Л. Г., Вострикова, Г. Ю., Глазков, С. С.	Физико-химия и технология полимеров, полимерных композитов	Москва: Ай Пи Ар Медиа	2021	http://www.iprbookshop.ru/108353.html
Евстифеев, Е. Н., Кужаров, А. А.	Полимерные нанокomпозиционные материалы	Саратов: Ай Пи Эр Медиа	2018	http://www.iprbookshop.ru/72810.html
6.1.2 Дополнительная учебная литература				
Барсукова, Л. Г., Вострикова, Г. Ю., Глазков, С. С.	Физико-химия и технология полимеров, полимерных композитов	Воронеж: Воронежский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ	2014	http://www.iprbookshop.ru/30852.html
Федотов, Г. Н., Гордова, А. Ф.	Наноструктуры в полимерах	Москва: Московский городской педагогический университет	2013	http://www.iprbookshop.ru/26533.html
Кручинин, Н. Ю.	Метод молекулярной динамики при изучении структуры и конформационной динамики макромолекул на поверхностях твердых адсорбентов и в нанокластерах	Оренбург: Оренбургский государственный университет, ЭБС АСВ	2015	http://www.iprbookshop.ru/54125.html
Витязь, П. А., Свидунович, Н. А., Куис, Д. В.	Наноматериаловедение	Минск: Вышэйшая школа	2015	http://www.iprbookshop.ru/35501.html

6.2 Перечень профессиональных баз данных и информационно-справочных систем

Электронно-библиотечная система «IPRbooks» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru> .

Электронная библиотека СПГУПТД [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://publish.sutd.ru> .
eLibrary.ru [Электронный ресурс]: научная электронная библиотека. – Режим доступа: <http://elibrary.ru>

6.3 Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения

Microsoft Windows
1С-Битрикс: Внутренний портал учебного заведения
Microsoft Office Standart Russian Open No Level Academic
Microsoft Windows

6.4 Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Лабораторные занятия со студентами проводятся в специализированных помещениях кафедры, оборудованных химической посудой, химическими реактивами, измерительными приборами.

Аудитория	Оснащение
Лекционная аудитория	Мультимедийное оборудование, специализированная мебель, доска
Учебная аудитория	Специализированная мебель, доска