

УТВЕРЖДАЮ  
Первый проректор, проректор  
по УР

\_\_\_\_\_ А.Е. Рудин

## Рабочая программа дисциплины

**Б1.В.05**

Физико-химические основы получения полимерных  
композиционных и нанокomпозиционных материалов

Учебный план: 2025-2026 18.04.01 ИПХиЭ ТППиКМ ОО №2-1-96.plx

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

Направление подготовки:  
(специальность) 18.04.01 Химическая технология

Профиль подготовки:  
(специализация) Технология получения полимерных композиционных и  
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	16	16	32	53	27	4	Экзамен
	РПД	16	16	32	53	27	4	
Итого	УП	33	33	66	102	54	8	
	РПД	33	33	66	102	54	8	

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):

старший преподаватель

\_\_\_\_\_

Лукичева Наталья  
Сергеевна

старший преподаватель

\_\_\_\_\_

Марценюк Вадим  
Владимирович

к.т.н., проф.

\_\_\_\_\_

Асташкина Ольга  
Владимировна

От кафедры составителя:

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

\_\_\_\_\_

Асташкина Ольга  
Владимировна

От выпускающей кафедры:

Заведующий кафедрой

\_\_\_\_\_

Асташкина Ольга  
Владимировна

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

<b>ПК-2: Способен разрабатывать программы исследований и проводить исследования, обеспечивающие создание и реновацию технологий полимерных композиционных и нанокomпозиционных материалов</b>
<b>Знать:</b> научные и технологические основы получения наполнителей, полимерных связующих, принципы совмещения связующих и наполнителей; физико-химические процессы на границе раздела фаз
<b>Уметь:</b> 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
<b>Владеть:</b> 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 полиоксадиазольных пленок, наполненных наночастицами фталоцианинов меди.</p>		2	1	4	4	ИЛ	
<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</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	О
<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>							
<p>Тема 7. Плавление полимеров.          Нанокристаллизация из аморфной фазы.          Практические занятия: Физико-химические основы получения текучих составов нанополимеров.          Лабораторные работы: Получение нанопленок 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		О
<p>Тема 9. Классификация растворителей полимеров, используемых при наноструктурировании.          Практические занятия: Растворы нанополимеров, их свойства.</p>		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		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	0,5		5		
Тема 17. Особенности термодинамики блок-сополимеров. Практические занятия. Превращения в блок-сополимерах, микроархитектурные формы.		2	0,5		5		
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 «щеточки» 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	9	5	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	4	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.		1	1		5	ИЛ	
Итого в семестре (на курсе для ЗАО)		16	16	32	53		
Консультации и промежуточная аттестация (Экзамен)		2,5			24,5		
<b>Всего контактная работа и СР по дисциплине</b>		137			151		

#### 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 наносополимеров 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 нанобъектам 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

$\rho$  физическая плотность полимера, г/см<sup>3</sup>

$S$  площадь пленки после отверждения, см<sup>2</sup>

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  $x$  и  $y$ , отверждения и испарения жидкой фазы.

6 Приведите основные признаки полимерных наночастиц и наноматериалов на их основе

Геометрические размеры наноразмерных частиц, структур 1-100 нм..

Критический размер физического эффекта 100 нм.. Доля границ раздела наноструктур 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  $R = P/(a \cdot b)$

$R$  удельная прочность кг/мм<sup>2</sup>

$P$  - разрывная нагрузка, кг  $a$  = толщина, мкм.,

$b$  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 ( $N < 10^4$ ).

$l$  величина статистического сегмента (1-10 нм).

$R$  соответствует менее 100 нм

9 Рассчитать величину вязкости дисперсного нанополимерного раствора Формула для расчета вязкости дисперсии

$\eta = \eta_0 (1 + k\phi)$ ,  $\eta$  вязкость раствора дендримера, Па.с.

$\eta_0$  — вязкость растворителя

$k$  константа вискозиметра,  $\phi$  - объемная доля полимера

10. Обоснуйте термодинамические условия растворения для обеспечения мономолекулярной дисперсности растворов нанополимеров

Условия описываются в виде соотношений энтальпийных ( $\Delta H$ ) и энтропийных ( $\Delta S$ ) 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
<b>6.1.1 Основная учебная литература</b>				
Барсукова, Л. Г., Вострикова, Г. Ю., Глазков, С. С.	Физико-химия и технология полимеров, полимерных композитов	Москва: Ай Пи Ар Медиа	2021	<a href="http://www.iprbookshop.ru/108353.html">http://www.iprbookshop.ru/108353.html</a>
Сашина Е. С., Яковлева О. И., Елохин И. В.	Физико-химия полимеров	Санкт-Петербург: СПбГУПТД	2024	<a href="http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=2024123">http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=2024123</a>
Барсукова, Л. Г., Вострикова, Г. Ю., Глазков, С. С.	Физико-химия и технология полимеров, полимерных композитов	Москва: Ай Пи Ар Медиа	2021	<a href="https://www.iprbookshop.ru/108353.html">https://www.iprbookshop.ru/108353.html</a>
<b>6.1.2 Дополнительная учебная литература</b>				
Евстифеев, Е. Н., Кужаров, А. А.	Полимерные нанокomпозиционные материалы	Саратов: Ай Пи Эр Медиа	2018	<a href="http://www.iprbookshop.ru/72810.html">http://www.iprbookshop.ru/72810.html</a>
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	<a href="http://www.iprbookshop.ru/54125.html">http://www.iprbookshop.ru/54125.html</a>
Витязь, П. А., Свидунович, Н. А., Куис, Д. В.	Наноматериаловедение	Минск: Вышэйшая школа	2015	<a href="http://www.iprbookshop.ru/35501.html">http://www.iprbookshop.ru/35501.html</a>

### 6.2 Перечень профессиональных баз данных и информационно-справочных систем

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

Электронная библиотека СПбГУПТД [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