

УТВЕРЖДАЮ  
Первый проректор, проректор по  
УР

\_\_\_\_\_ А.Е. Рудин

## Рабочая программа дисциплины

**Б1.В.06**

Физико-химия наноструктурных полимерных материалов

Учебный план: 2024-2025 18.03.01 ИПХиЭ НКИБ ОО №1-1-93.plx

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

Направление подготовки:  
(специальность) 18.03.01 Химическая технология

Профиль подготовки: Наноинженерия, композиты и биоматериалы  
(специализация)

Уровень образования: бакалавриат

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					
6	УП	17	34	56,75	0,25	3	Зачет
	РПД	17	34	56,75	0,25	3	
Итого	УП	17	34	56,75	0,25	3	
	РПД	17	34	56,75	0,25	3	

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 18.03.01 Химическая технология, утверждённым приказом Минобрнауки России от 07.08.2020 г. № 922

Составитель (и):

доктор технических наук, Профессор

\_\_\_\_\_

Васильев  
Петрович

Михаил

От кафедры составителя:

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

\_\_\_\_\_

Асташкина  
Владимировна

Ольга

От выпускающей кафедры:

Заведующий кафедрой

\_\_\_\_\_

Асташкина  
Владимировна

Ольга

Методический отдел:

\_\_\_\_\_

## 1 ВВЕДЕНИЕ К РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЕ ДИСЦИПЛИНЫ

**1.1 Цель дисциплины:** Сформировать компетенции обучающегося в области химии и физико-химии наноструктурных полимеров - фундаментальной дисциплины, на которой базируются нанотехнологии волокон, пленок, композитов;

Развить самостоятельный творческий подход к изучению дисциплины и решению экологических проблем современной технологии нанополимеров.

### 1.2 Задачи дисциплины:

Раскрыть принципы законов и категорий в новом направлении полимерной науки. Рассмотреть представления о взаимосвязи методов синтеза и превращений в полимерах на наноуровне со свойствами полимерных наноструктурированных материалов. Показать особенности новейших достижений полимерной науки в нанотехнологии.

Научить пониманию важности наноразмерных материалов для экономики и их значимости среди других полимерных материалов; ввести в курс новейших достижений полимерной науки и производства, привить умение правильно оценивать экономичность и технологичность процессов; способствовать развитию самостоятельности и творческого подхода при изучении дисциплины;; привить умение работать со специальной литературой; ознакомить с трудами выдающихся ученых по полимерной химии в области нанотехнологий.

### 1.3 Требования к предварительной подготовке обучающегося:

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

Методы исследования полимерных композиционных и нанокоспозиционных материалов

Физика и химия полимеров, синтез, структура и свойства высокомолекулярных соединений

Метрология, стандартизация и сертификация

Аналитическая химия и физико-химические методы анализа

Физическая химия

## 2 КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

<b>ПК-1: Способен осуществлять сбор и систематизацию научно-технической информации о существующих наноструктурированных композиционных материалах</b>
<b>Знать:</b> физико-химические основы получения наноструктурных полимерных материалов как основу для поиска, сбора и обработки информации
<b>Уметь:</b> использовать знания основ физикохимии при поиске научно-технической информации о технологиях получения наноструктурных полимерных материалов.
<b>Владеть:</b> навыками сбора информации о структуре, свойствах и способах получения наноструктурных полимерных материалов.
<b>ПК-2: Способен разрабатывать опытные образцы наноструктурированных композиционных материалов</b>
<b>Знать:</b> классификацию полимерных нанообъектов, законы фазовых превращений в полимерных структурных системах, понятия о жидкокристаллических наноструктурах
<b>Уметь:</b> сравнивать и сопоставлять различные варианты образования наноструктур в полимерных системах; доказывать правомерность физико-химических процессов при образовании наноструктурированных полимеров; использовать знания основ физикохимии при выборе технологии получения наноструктурных полимерных материалов
<b>Владеть:</b> навыками оценки структуры и свойств наноструктурных полимерных материалов

### 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)			
Раздел 1. Наноструктурирование полимеров и полимерных материалов	6					0
Тема 1. Классификация полимерных нанообъектов, их физические, химические и биологические свойства Практические занятия. Возможности полимеризации для синтеза химически регулярных полимеров		2	4	7		
Тема 2. Полимерные разветвленные, гребнеобразные, дендримерные наноструктуры. Процессы самосборки и самоорганизации в синтетических и природных макромолекулярных Практические занятия. Пространственные полимерные структуры.		2	2	7		
Тема 3. Фазовые превращения наноструктурных полимерных составов. Границы раздела фаз, межфазные взаимодействия Практические занятия. Наноструктурирование линейных и разветвленных бблок-сополимеров		2	2	7	ИЛ	
Раздел 2. Нанотехнология полимеров и методы ее реализации						
Тема 4. Кристаллизация при формировании наноструктур. Самоорганизация в мономолекулярных слоях полимеров. Практические занятия. Самоорганизация в цепях полимеров		2	4	7		
Тема 5. Блоксополимеры, их структурирование, регулирование полимерной наноструктуры. Практические занятия. Супрамолекулярные полимерные структуры		2	8	7		
Тема 6. Растворы и расплавы полимеров, их нано-структурирование через фазовые превращения. Практические занятия. Пространственные структуры их получение и свойства		2	2	7	ИЛ	
Раздел 3. Структура и свойства полимерных наноматериалов					0	
Тема 7. Жидкокристаллические наноструктуры, их формирование и свойства. Практические занятия. Полимерные нанокомпозиты.	3	9	7,75			
Тема 8. Методы изучения структуры и свойств нанополимерных материалов. Практические занятия. Инструментальные методы исследования структуры нанополимеров, Механические свойства полимерных нанокомпозитов.	2	3	7	ИЛ		
Итого в семестре (на курсе для ЗАО)		17	34	56,75		
Консультации и промежуточная аттестация (Зачет)		0,25				
<b>Всего контактная работа и СР по дисциплине</b>		51,25		56,75		

#### 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-1	Характеризует происходящие в процессе получения наноструктурных полимерных материалов физико-химические явления. Логически обобщает и анализирует научную и профессиональную литературу о способах получения полимерных наноматериалов. Составляет обзор и дает оценку методам получения наноструктурных полимерных материалов, их свойствам и актуальным областям использования.	Вопросы для устного собеседования Вопросы для тестирования Практико-ориентированные задания
ПК-2	Перечисляет законы фазовых превращений в полимерных наноструктурных системах, раскрывает основы получения жидкокристаллических наноструктур. Анализирует различные способы синтеза полимерных наноструктур и происходящие при этом физико-химические процессы. Подбирает оптимальную технологию получения нанополимерных материалов, исходя из требуемых (заданных) свойств. Прогнозирует и дает оценку экспериментальной структуре и свойствам получаемых полимерных наноструктур.	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
Зачтено	Ответ полный, основанный на проработке всех обязательных источников информации, стандартный, в целом качественный	
Не зачтено	Ответ демонстрирует 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 6	
1	Значение наноструктурных материалов для экономики страны. Задачи по развитию нанотехнологий и их влияние на технический прогресс.
2	Методы синтеза полимеров контролируемой структуры.
3	Возможности свободно-радикальной полимеризации для синтеза химически однородных полимерных структур.
4	Методы ионной полимеризации при синтезе «живущих» макроцепей.
5	Иммобилизация наноструктур в полимерной матрице.
6	Методы синтеза блок-сополимеров и их возможности в образовании низкоразмерных регулярных структур.
7	Термодинамика образования полимерных нанокомпозитов.

8	Наноструктурирование линейных и разветвленных блок-сополимеров.
9	Кинетические аспекты поверхностных явлений в полимерных композиционных наносистемах.
10	Микрофазное расслоение блок-сополимеров.
11	Структурные особенности нанопористых композитов.
12	Мицеллообразование в растворах диблок-сополимеров.
13	Поверхностные явления в полимерных нанокомпозитах.
14	Привитая сополимеризация как метод синтеза полимерных наноструктур.
15	Самоорганизация синтетических макромолекул.
16	Получение и свойства сополимерных структур стержень - клубок.
17	Нанокристаллизация органических соединений и в полимерах с π-связью.
18	Самоорганизация диблок-сополимеров.
19	Фазовые превращения в полимерных нанокомпозитах.
20	Полимерные металлсодержащие нанокомпозиты, их структура и получение.
21	Биологические наноструктуры, их образование и применение.
22	Самоорганизация в цепях полимеров.
23	Хромофорсодержащие нанополимеры.
24	Мономолекулярные полимерные пленки.
25	Фазовые преобразования в нанокolloидах сополимеров.

### 5.2.2 Типовые тестовые задания

- Супрамолекулярная самосборка НЕ проходит в спонтанной ассоциации.
  - одного,
  - двух
  - трех компонентов
- К холестерическим двумерным нанообъектам (2D) можно отнести:
  - квантовые точки
  - нановолокна
  - полимерные нанопленки, нанопорошки
- Образование сложных наноструктур в закрытых системах проходит .
  - за счет минимизации свободной энергии
  - химических взаимодействий
  - вследствие внешнего подвода энергии
- Какой из приведенных параметров НЕ оказывает существенного влияния на способность полимера к наноструктурированию?
  - необходимая величина молекулярной массы
  - структурная форма макромолекул
  - диапазон молекулярно-массового распределения
  - карбоцепное или гетероцепное строение основной цепи макромолекулы
- К механизму получения наноматериалов «снизу вверх» НЕ относится:
  - испарение в электрической дуге
  - магнитное распыление
  - механический помол
  - лазерное испарение
- Наноматериалы в форме полимерных «щеток» с лучшим комплексом свойств получают путем
  - фиксации на поверхности из растворов полимеров с помощью физических химических взаимодействий
  - проводя полимеризацию, инициированную на поверхности
- Системы, в которых естественным образом преобладает механизм самосборки:
  - синтетические
  - искусственные
  - биологические
- С помощью метода Ленгмюра-Блоджетт можно получить:
  - нановолокна
  - мицеллы
  - нанопленки
  - нанопорошки
- Перечислить структурные формы макромолекул, способных к наноструктурированию.

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

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

- А) Фазовый распад (фазовое превращение).
- Б) Деформация системы на разных этапах ее формирования.
- В) Отверждение через удаление жидкой фазы тем или иным способом, в том числе, используя синергизм систем с незавершившимся расслоением.
- Г) Деформация, которая сопровождается релаксацией.

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

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

12. Образование наноразмерных структур в блок-сополимере осуществляется за счет:

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

13. Слоистые нанокомпозиты получают на основе

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

14. Какие полимеры обладают более высокой температурой плавления и худшей растворимостью?

- А) нерегулярные
- Б) регулярные

15. Как влияет химическая природа (наличие полярных групп в макромолекуле) на температуру плавления полимера?

- А) увеличение количества полярных групп способствует повышению температуры плавления
- Б) увеличение количества полярных групп способствует понижению температуры плавления

16. Как влияет большое количество функциональных групп в макромолекуле на способность полимера к растворению?

- А) функциональные группы улучшают способность к растворению
- Б) функциональные группы не влияют на способность к растворению
- В) функциональные группы ухудшают способность к растворению

17. Как влияет полидисперсность полимера на его способность к наноструктурированию?

- А) чем выше полидисперсность, тем быстрее и легче протекает процесс
- Б) полидисперсность не оказывает влияния на процесс
- В) низкая полидисперсность способствует наноструктурированию

18. К полимерным нанокомпозитам можно отнести:

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

19. Перечислить, типы жидких полимерных кристаллов

- А) смектические,
- Б) нематические
- В) холестерические

### 5.2.3 Типовые практико-ориентированные задания (задачи, кейсы)

1. Опишите подробно технологию получения наноразмерной белковой (коллагеновой) пленки. Обучающийся объясняет в виде последовательных, поэтапных стадий технологию, приводя конкретные условия проведения каждой стадии.

2. Рассчитайте толщину наноразмерной пленки полимера (на примере реструктурированного коллагена), полученной путем испарения растворителя на твердой субфазе. Формула для расчета

$$\delta = P/\rho S$$

P - масса полимера в растворе, г

P - физическая плотность полимера, г/см<sup>3</sup>

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

3. Опишите технологию формирования наночастиц столбчатой структуры при осаждении фталоцианина из раствора серной кислоты.

Обучающийся объясняет в виде последовательных, поэтапных стадий технологию, приводя конкретные параметры и условия проведения каждой стадии.

4. Описать поэтапно процесс формирования нанопленки Ленгмюра-Блоджет из растворов полиакрилонитрила

Технология описывается в виде последовательных, стадий, приводятся конкретные условия проведения каждой стадии на установке Ленгмюра-Блоджет

5. Опишите подробно 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 осаждения, отверждения и испарения жидкой фазы.

6. Приведите основные признаки полимерных наночастиц и наноматериалов

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

Критический 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. Разрывная нагрузка мультислойной нанопленки (длина 100 мм, ширина 10 мм, толщина 100 мкм) составляет 12 кг. Рассчитать удельную прочность нанопленки.

Формула для расчета

$$R_{уд} = P_a / \delta B$$

R<sub>уд</sub> – удельная прочность кг/мм<sup>2</sup>

P<sub>р</sub> – разрывная нагрузка, кг

δ = толщина, мкм.,

B = ширина пленки, мм

8. Рассчитать меру гибкости полимерной свободно сочлененной цепи и обосновать ее наномасштаб

Формула для расчета меры гибкости свободносочлененной полимерной цепи

$$R = N^{1/2} \cdot l$$

N – количество статистических сегмента

(N ≤ 10<sup>4</sup>),

l – величина статистического сегмента (l = 1-10 нм),

R соответствует менее 100 нм

9. Рассчитать величину вязкости раствора полимерного аминокамидного дендримера с числом генераций 10-15.

Формула для расчета вязкости раствора дендримера

$$\eta = \eta_0 (1 + k\phi)$$

η – вязкость раствора дендримера, Па.с,

η<sub>0</sub> – вязкость растворителя, Па.с,

k – константа вискозиметра,

φ – объемная доля полимера

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

Условия описываются в виде соотношений энтальпийных (ΔH) и энтропийных (ΔS) 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

При промежуточной аттестации студенту предлагается при устном собеседовании ответить на два вопроса. Продолжительность подготовки и ответ на зачете -40 мин.

При ответе разрешается пользоваться презентациями, составленными заранее студентами по темам дисциплины

Ответы оцениваются в форме зачет без оценки.

## 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="https://www.iprbooks.hop.ru/108353.html">https://www.iprbooks.hop.ru/108353.html</a>
Солнцев, Ю. П., Пряхин, Е. И., Воложанина, С. А., Петкова, А. П., Солнцева, Ю. П.	Нанотехнологии и специальные материалы	Санкт-Петербург: ХИМИЗДАТ	2020	<a href="http://www.iprbookshop.ru/97818.html">http://www.iprbookshop.ru/97818.html</a>
Тимошина, Ю. А., Вознесенский, Э. Ф.	Введение в нанотехнологии	Казань: Казанский национальный исследовательский технологический университет	2019	<a href="http://www.iprbookshop.ru/109536.html">http://www.iprbookshop.ru/109536.html</a>
<b>6.1.2 Дополнительная учебная литература</b>				
Столяров, Р. А., Буракова, И. В., Бураков, А. Е.	Нанокремниевые функциональные материалы и покрытия	Тамбов: Тамбовский государственный технический университет, ЭБС АСВ	2018	<a href="http://www.iprbookshop.ru/94354.html">http://www.iprbookshop.ru/94354.html</a>
Глуценко, А. Г., Глуценко, Е. П.	Наноматериалы и нанотехнологии	Самара: Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики	2017	<a href="http://www.iprbookshop.ru/75388.html">http://www.iprbookshop.ru/75388.html</a>
Евстифеев, Е. Н., Кужаров, А. А.	Полимерные нанокмпозиционные материалы	Саратов: Ай Пи Эр Медиа	2018	<a href="http://www.iprbookshop.ru/72810.html">http://www.iprbookshop.ru/72810.html</a>
Витязь, П. А., Свидуневич, 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 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

MicrosoftOfficeProfessional

Microsoft Windows

1С-Битрикс: Внутренний портал учебного заведения

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

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