

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: 2026-2027 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 явлений в процессе получения полимерных композиционных и нанокomпозиционных 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. Топология и надмолекулярная структура полимерных цепей. Макромолекулы как наноструктурные объекты.	2						Д
Тема 1. Понятие топологии полимеров. Надмолекулярная структура кристаллических и аморфных полимеров. Практическое занятие: Надмолекулярная структура аморфных полимеров (глобулярная модель, доменная модель, фибриллярная теория). Лабораторная работа: Синтез поликапроамида (ПКА) и нанокomпозита на его основе.		2	2	6	3	ИЛ	

Тема 2. Полимерные системы сложной топологии. Практическое занятие: Дендримеры и полимерные щетки. Лабораторная работа: Определение выхода по массе, содержания низкомолекулярных соединений, твердости по Шору и изучение методом оптической микроскопии надмолекулярной структуры синтезированного ПКА и нанокомпозитов на его основе.		2	2	4	4	ИЛ	
Раздел 2. Наноструктурирование. Способы формирования надмолекулярной структуры с помощью химических реакций.							
Тема 3. Ионные "живые" полимеризации. Метатезисная полимеризация. Практическое занятие: Анионная и катионная "живые" полимеризации. Метатезисная полимеризация с раскрытием цикла — ROMP.		2	2		8	ИЛ	Т
Тема 4. Свободно-радикальные "живые" полимеризации. Практическое занятие: Радикальные "живые" полимеризации с обратным ингибированием (ATRP), с участием стабильных радикалов (SFRP), с обратной рекомбинацией радикалов (RAFT).		2	2		4	ИЛ	
Раздел 3. Наноструктурирование с помощью самоорганизации.							Д,Л
Тема 5. Самоорганизация блоксополимеров. Организация молекул в полимере. Практическое занятие: Жидкокристаллическое состояние полимеров. Микродоменные структуры и пути их образования. Понятие, примеры и типы молекулярных машин Лабораторная работа: Термические методы исследования структуры ПКА и нанокомпозитов на его основе (определение температур плавления и кристаллизации).		2	2	4	4		
Тема 6. Самоорганизация полимеров с помощью наночастиц. Практическое занятие: Примеры самоорганизации с углеродными наночастицами (графенами, фуллеренами, углеродными нанотрубками). Лабораторная работа: Изучение процесса изотермической кристаллизации на примере термопластичных полимеров (полиэтилен (ПЭ) и полипропилен (ПП)).		2	2	4	4		
Тема 7. Наноструктурирование полимеров из расплавов и растворов. Практическое занятие: Условия кристаллизации полимеров из расплавов и растворов. Явления преципитации. Лабораторная работа: Изучение процесса изотермической кристаллизации синтезированных нанокомпозитов на основе ПКА.		2	2	6	7		

Тема 8. Превращения в растворах дендримеров. Практическое занятие: Растворы дендримеров, их свойства. Лабораторная работа: Определение характеристических точек кристаллизации и нахождение параметров Аврами.		1	1	4	7	ИЛ	
Тема 9. Примеры практического применения наноструктурирования полимеров. Практическое занятие: Механохромизм в полимерах. Лабораторная работа: Сравнение надмолекулярной структуры и процессов кристаллизации ПЭ, ПП и нанокompозита на основе ПКА. Влияние наполнителя, введенного на стадии синтеза, на свойства полимерного композита.		2	2	6	8		
Итого в семестре (на курсе для ЗАО)		17	17	34	49		
Консультации и промежуточная аттестация (Экзамен)		2,5			24,5		
Раздел 4. Явления на поверхности раздела фаз в полимерных композиционных материалах	3						Д
Тема 10. Адсорбция полимеров. Агрегация макромолекул в растворах Практическое занятие: Причины адсорбции, кинетика, влияние температуры, молекулярной массы, качества растворителя, природы адсорбата. Лабораторная работа: Изучение массовой адсорбции связующих полимерными волокнистыми наполнителями.		2	2	8	4		
Тема 11. Структура и свойства поверхностных слоев в полимере. Практическое занятие: Принципы формирования поверхностных слоев (из раствора, из расплава). Миграция добавок на поверхность. Влияние поверхности наполнителя на свойства поверхностных слоев.		2	2		6		
Тема 12. Адгезия полимеров. Практическое занятие: Теории адгезии. Термодинамика смачивания и растекания полимеров при адгезионном взаимодействии. Межфазное взаимодействие полимеров при их адгезионном контакте, реология, площадь контакта в адгезионных соединениях		2	2		6		
Тема 13. Пути улучшения адгезии полимеров к наполнителям. Смачиваемость. Роль замасливателя. Практическое занятие: Пути улучшения смачиваемости (добавки для матрицы, добавки для наполнителя). Замасливатели. Лабораторная работа: Изучение смачиваемости армирующих наполнителей (стеклянных, углеродных, базальтовых, полимерных нитей и ровингов).		2	2	8	4		

Тема 14. Функциональные добавки в полимерные связующие, их влияние на смачиваемость наполнителей и свойства полимерных связующих. Практическое занятие: Функциональные добавки в полимерные связующие: пластификаторы, деаэраторы, пеногасители, снижающие эмиссию мономеров (стирола), реологические, изменяющие вязкость. Лабораторная работа: Определение поверхностного натяжения модифицированных добавками полимерных связующих.		2	2	4	3	ИЛ	
Раздел 5. Физико-химические основы отверждения полимерных связующих							
Тема 15. Физико-химические основы отверждения полимерных связующих. Практическое занятие: Химические реакции образования сетчатой (сшитой) структуры термореактивных полимеров, отверждение термопластичных полимеров.		2	2		8		Д
Тема 16. Витримеры. Практическое занятие: Что такое, как получают и для чего нужны витримеры. Лабораторная работа: Синтез витримера с перестраиваемой полимерной матрицей на основе ЭД-20. Создание полимера с		2	2	8	8		
Раздел 6. Основы получения гибридных композитов							
Тема 17. Полиармированные гибридные композиты с межслоевой и внутрислоевой гибридизацией. Практическое занятие: Гибридные армирующие наполнители и гибридные композиты на их основе.		1	1		8		Л
Тема 18. Полиматричные гибридные композиты. Практическое занятие: Полимер-полимерные композиции. Гибридные матрицы для композитов. Особенности смешения полимеров, взаимопроникновение (сетки). Лабораторная работа: получение гибридного композита.		1	1	4	6		
Итого в семестре (на курсе для ЗАО)		16	16	32	53		
Консультации и промежуточная аттестация		2,5			24,5		
Всего контактная работа и СР по дисциплине		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 наноккомпозитами 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	Надмолекулярная структура кристаллических полимеров. Виды, свойства.
3	Синтез полимеров контролируемой структуры: анионная и катионная «живые» полимеризации, метатезисная полимеризация циклов.
4	Надмолекулярная структура аморфных полимеров. Виды, теории, исследователи.
5	Особенности кристаллизации полимеров из расплавов и растворов. Условия, факторы, оказывающие влияние.
6	Основные типы пространственных синтетических макромолекул и их способность к наноструктурированию.
7	Полимерные системы сложной топологии — полимерные щетки: исследователи, подходы к синтезу, применение.
8	Взаимопроникающие полимерные сетки.
9	Дендримеры, их характеристика, практическая значимость.
10	Синтез полимеров контролируемой структуры: свободно-радикальная «живая» полимеризация.
11	Особенности кристаллизации полимеров из расплавов и растворов. Условия, факторы, оказывающие влияние. Явления преципитации
12	Самоорганизация в полимерных системах с помощью наночастиц (на примере частиц фуллеренов или других).
13	Самоорганизация блоксополимеров.

Семестр 3	
14	Адсорбция полимеров. Причины адсорбции, кинетика, влияние температуры, молекулярной массы, качества растворителя, природы адсорбата. Агрегация макромолекул в растворах.
15	Реологические добавки. Виды, назначение, особенности введения. Влияние на параметры прочности, отверждения, хранения, смачивания, эксплуатации.
16	Адгезия полимеров. Теории адгезии. Смачиваемость и растекание полимеров при адгезионном взаимодействии.
17	Смачивающие и диспергирующие добавки для термореактивных смол.
18	Гибридные матрицы для композитов. Взаимопроникающие полимерные сетки.
19	Пластификаторы для термореактивных смол. Виды, назначение, особенности введения. Влияние на параметры прочности, отверждения, хранения, смачивания, эксплуатации.
20	Одновременно дисперсно- и непрерывнонаполненные гибридные композиты.
21	Гибридные матрицы для композитов. Особенности смешения полимеров. Гибридные композиты на их основе.
22	Добавки для снижения эмиссии стирола из полиэфирных смол, винилэфирных смол.
23	Деаэраторы и пеногасители. Виды, назначение, особенности введения. Влияние на параметры прочности, отверждения, хранения, смачивания, эксплуатации.
24	Регуляторы вязкости. Виды, назначение, особенности введения. Влияние на параметры прочности, отверждения, хранения, смачивания, эксплуатации.
25	Особенности отверждения термореактивных смол, процессы, протекающие при этом.
26	Особенности формования волокнистых композитов. Смачивание, замасливатели на наполнителях.

5.2.2 Типовые тестовые задания

Что такое надмолекулярная структура полимера:

А) способ расположения макромолекул в пространстве в результате внутри- и межмолекулярного взаимодействия,

Б) способ присоединения звеньев, расположение заместителей в пространстве

В) способность проявлять гибкость (изменять форму) под действием тепловой энергии и внешнего механического воздействия

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

Из каких элементов может состоять флуктуационная сетка полимера?

А) макромолекул в виде молекулярных клубков

- Б) доменов
- В) проходных макромолекул
- Г) ни один из перечисленных пунктов не подходит

Синтез дендримера, который представляет собой послойное наращивание слоёв (генераций) дендримерной структуры вокруг центрального звена многократным повторением некоторой последовательности реакций, определяемых природой дендримера, называется:

- А) Дивергентный
- Б) Конвергентный
- В) ни один из перечисленных ответов не подходит

Полимерными щетками называют:

- А) Полимерный слой, состоящий из макромолекул, двумя концами закрепленных на поверхности,
- Б) Плотный полимерный слой, состоящий из макромолекул, одним концом закрепленных на поверхности,
- В) Полимерный слой, состоящий из макромолекул, закрепленных на поверхности в центре макромолекулы

К признакам «живой» полимеризации можно отнести:

- А) наличие реакций обрыва роста цепи
- Б) быстрое протекание инициирования
- В) не одновременное начало роста макромолекул

Каким общим термином называют свойства вещества менять цвет при его дроблении, измельчении, помоле, трении, приложении нагрузок?

- А- фарбохромизм
- Б- механохромизм
- В- цветомеханика

Какими связями образована обычно основная цепь в гибкоцепных полимерах?

- А- σ - связями
- Б- π - сопряжениями
- В- Ван-дер-Ваальсовыми
- Г- металлическими

Образование наноразмерных структур в блок-сополимере осуществляется за счет:

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

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

5.2.3 Типовые практико-ориентированные задания (задачи, кейсы)

1. Напишите реакцию метатезисной полимеризации дициклопентадиена (ДЦПД), а также реакции и условия получения ДЦПД-смола.

Перечислите преимущества данного вида полимерных связующих по сравнению с полиэфирными и винилэфирными.

2. На основе данных ДСК-анализа, рассчитайте степень кристалличности полиэтилена (ПЭ) или пропилена (ПП).

Если энтальпия плавления материала со 100% кристалличностью составляет для ПЭ — 293, ПП — 207.

3. 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.

4. 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 супраструктуры полимера на стадиях осаждения, отверждения и испарения жидкой фазы.

5. 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).

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

Экзамен проходит по билетам. В билете два вопроса. Для подготовки ответа дается не более 40 минут, затем следует устное собеседование и оценка результатов по пятибалльной 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
Бабичев, А. Д., Давлетшина, А. Я., Мисбахов, Р. Р., Строчков, В. В., Хасанова, А. И., Абзальдинов, Х. С., Русанова, С. Н., Яруллин, А. Ф.	Теоретические и прикладные аспекты адгезии полимеров	Казань: Издательство КНИТУ	2023	https://www.iprbookshop.ru/147831.html
Шишонок, М. В.	Модификация полимеров	Минск: Адукацыя і выхаванне	2024	https://www.iprbookshop.ru/155279.html
Бруйко, М. Г., Григорьева, Л. С., Орлова, А. М.	Химия и технология полимеров	Москва: МИСИ-МГСУ, Ай Пи Ар Медиа, ЭБС АСВ	2024	https://www.iprbookshop.ru/140542.html
Осовская И.И., Кирилэ Т.Ю.	Технология полимеров. Функциональные группы полимерных материалов	Санкт-Петербург: СПбГУПТД	2022	http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=20225098
Заикин, А. Е.	Нанонаполнители в смесях полимеров	Казань: Издательство КНИТУ	2022	https://www.iprbookshop.ru/136170.html
Барсукова, Л. Г., Вострикова, Г. Ю., Глазков, С. С.	Физико-химия и технология полимеров, полимерных композитов	Москва: Ай Пи Ар Медиа	2021	https://www.iprbookshop.ru/108353.html
Сашина Е. С., Яковлева О. И., Елохин И. В.	Физико-химия полимеров	Санкт-Петербург: СПбГУПТД	2024	http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=2024123
6.1.2 Дополнительная учебная литература				
Лим, Л. А., Хребтов, А. А., Реутова, В. А.	Теоретические основы производства и переработки полимеров. Высокомолекулярные соединения	Москва: Ай Пи Ар Медиа	2025	https://www.iprbookshop.ru/151102.html
Витязь, П. А., Свидинович, Н. А., Куис, Д. В.	Наноматериаловедение	Минск: Вышэйшая школа	2015	http://www.iprbookshop.ru/35501.html

Бегиеваа, М. Б., Хаширова, С. Ю., Бажева, Р. Ч., Хараев, А. М.	Синтез и химические превращения полимеров	Нальчик: Кабардино- Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова	2019	http://www.iprbooksh op.ru/110247.html
Акаева, М. М.	Физика полимеров	Грозный: Чеченский государственный университет	2019	http://www.iprbooksh op.ru/107288.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.iprbooksh op.ru/54125.html
Евстифеев, Е. Н., Кужаров, А. А.	Полимерные нанокомпозиционные материалы	Саратов: Ай Пи Эр Медиа	2018	http://www.iprbooksh op.ru/72810.html
Бруяко, М. Г., Григорьева, Л. С., Орлова, А. М.	Химия и технология полимеров	Москва: Московский государственный строительный университет, Ай Пи Эр Медиа, ЭБС АСВ	2016	http://www.iprbooksh op.ru/40956.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