

УТВЕРЖДАЮ  
Первый проректор, проректор  
по УР

\_\_\_\_\_ А.Е. Рудин

## Рабочая программа дисциплины

**Б1.О.01**

Процессы массопереноса в системах с участием твердой фазы

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  
нанокомпозиционных материалов

Уровень образования: магистратура

Форма обучения: очная

### План учебного процесса

Семестр (курс для ЗАО)	Контактная работа обучающихся			Сам. работа	Контроль, час.	Трудоём- кость, ЗЕТ	Форма промежуточной аттестации	
	Лекции	Практ. занятия	Лаб. занятия					
1	УП	16	16	16	33	27	3	Экзамен
	РПД	16	16	16	33	27	3	
Итого	УП	16	16	16	33	27	3	
	РПД	16	16	16	33	27	3	

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):

канд.тех.наук, профессор

\_\_\_\_\_

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 обучающегося компетенции, обеспечивающие освоение вопросов, связанных с процессами массопереноса в системах с участием твердой фазы

**1.2 Задачи дисциплины:**

- знакомство с основными понятиями в области процесса массопереноса с участием твердой фазы;
- знакомство с основными видами процессов определяющих массоперенос в системах с участием твердой фазы;
- изучение основных законов, определяющих массоперенос в системах с участием твердой фазы;
- знакомство с методиками и оборудованием для изучения процессов массопереноса в системах с участием твердой фазы

**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
- Технология получения полимерных композиционных и нанокomпозиционных материалов
- Философские проблемы науки и техники
- Физико-химия наноструктурных наполнителей для полимерных композиционных материалов

## 2 КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

<b>ОПК-2: Способен использовать современные приборы и методики, организовывать проведение экспериментов и испытаний, проводить их обработку и анализировать их результаты</b>
<b>Знать:</b> основные принципы массопереноса, действующие силы процесса, факторы, влияющие на процесс массопереноса в системах с участием твердой фазы
<b>Уметь:</b> использовать знания фундаментальных наук при проведении исследований массопереноса в системах с участием твердой фазы
<b>Владеть:</b> навыками разработки планов исследований процессов массопереноса, влияния внешних и внутренних факторов на процесс массопереноса

## 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. Общие понятия и определения по курсу процессы массопереноса в системах с участием твердой фазы	1						Л
Тема 1. Понятие массоперенос в системах с участием твердой фазы. Виды массопереноса.  Практическое занятие: Сублимация (примеры возгоняющихся веществ). Что такое конденсация		1	2		3		
Тема 2. Диффузия (примеры, характеризующие диффузию в газах, жидкостях, гелях и твердых телах);  Лабораторная работа: Изучение процесса экстракции, влияние структуры твердой фазы. Практическое занятие: Экстракция, понятие и факторы ее определяющие.		2	4	4			
Тема 3. Массоперенос в твёрдых телах. Примеры и механизмы переноса. Общие закономерности массопередачи в системах с твердой фазой;  Лабораторная работа: Экстракция. Влияние температуры процесса на скорость экстракции. Практическое занятие: Диффузия и удержание сорбирующих веществ;		1	1	2	3		

<p>Тема 4. Массоперенос в жидкостях и газах. Примеры и механизмы переноса;</p> <p>Практическое занятие: Гелевые иониты, получение, свойства, и области применения;</p>		2	1		3	ИЛ	
Раздел 2. Сорбенты общие понятия, классификация							
<p>Тема 5. Сорбенты. Классификация сорбентов. Примеры, свойства цеолитов;</p> <p>Практическое занятие: Скорости сорбционных процессов на гранульных и волокнистых активированных материалах;</p>		2	2		3	ИЛ	
<p>Тема 6. Углеродные сорбенты, получение, свойства и области применения;</p> <p>Лабораторная работа: Изучение процесса сорбции красителя метиленового голубого углеродными сорбентами различной структуры</p> <p>Практическое занятие: Скорости сорбционных процессов на гранульных и волокнистых ионитах;</p>							Л
<p>Тема 7. Ионообменный сорбент, получение, свойства и области использования;</p> <p>Практическое занятие: Статика и динамика сорбционных процессов;</p> <p>Лабораторная работа: Изучение кинетики сорбции красителя метиленового голубого сорбентами различной структуры</p>		2	1	3	3		
Раздел 3. Мембраны и пористые тела общие понятия, свойства и области применения							
<p>Тема 8. Мембраны. Массоперенос через мембраны. Примеры и механизмы;</p> <p>Практическое занятие: Поры. Пористые материалы.</p>		2	2		2	ИЛ	
<p>Тема 9. Трековые мембраны. Получение, свойства и области применения;</p> <p>Практическое занятие: Диффузия в гелях. Трековые мембраны;</p>		2	2		3		
<p>Тема 10. Активные и пассивные фильтры. Механизмы разделения веществ на фильтрах;</p> <p>Практическое занятие: Как характеризуется сорбент. Критерии выбора эффективных сорбентов;</p>		1	1		4		ДЗ
<p>Тема 11. Методы оценки пористой структуры сорбентов;</p> <p>Лабораторная работа: Изучение пористой структуры углеродных материалов методом сорбции паров толуола.</p>		2		2	2		
Итого в семестре (на курсе для ЗАО)		16	16	14	33		
Консультации и промежуточная аттестация			2,5		24,5		
<b>Всего контактная работа и СР по дисциплине</b>			50,5		57,5		

#### 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
ОПК-2	<p>излагает основные положения массопереноса, виды процессов массопереноса, понятия фаза, граница раздела фаз, показатели определяющие процесс массопереноса: скорость, температура, время и другие;</p> <p>использует знания, полученные в процессе обучения, для постановки эксперимента по изучению процессов массопереноса в системах с участием твердой фазы и анализу полученных данных;</p> <p>при работе в научной лаборатории планирует эксперименты по изучению процессов массопереноса в системах с участием твердой фазы, по изучению влияния различных внешних и внутренних факторов на процессы массопереноса.</p>	<p>Вопросы для устного собеседования. Практико-ориентированные задание</p>

##### 5.1.2 Система и критерии оценивания

Шкала оценивания	Критерии оценивания сформированности компетенций	
	Устное собеседование	Письменная работа
5 (отлично)	<p>Полный, исчерпывающий ответ, явно демонстрирующий глубокое понимание предмета и широкую эрудицию в оцениваемой области, умение использовать теоретические знания для решения практических задач.</p>	
4 (хорошо)	<p>Ответ полный и правильный, основанный на проработке всех обязательных источников информации. Подход к материалу ответственный, но допущены в ответах небольшие погрешности, которые устраняются только в результате собеседования</p>	
3 (удовлетворительно)	<p>Ответ воспроизводит в основном только лекционные материалы, без самостоятельной работы с рекомендованной литературой. Демонстрирует понимание предмета в целом при неполных, слабо аргументированных ответах. Присутствуют неточности в ответах, пробелы в знаниях по некоторым темам, существенные ошибки, которые могут быть найдены и частично устранены в результате собеседования</p>	
2 (неудовлетворительно)	<p>Неспособность ответить на вопрос без помощи экзаменатора. Незнание значительной части принципиально важных элементов дисциплины. Многочисленные грубые ошибки.</p>	

## 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 1	
1	Понятие массопереноса в системах с участием твердой фазы
2	Понятие фаза и граница раздела фаз
3	Диффузия и факторы ее определяющие
4	Скорость диффузии, чем определяется
5	Процесс экстракции, общие принципы области применения
6	Процессы сублимации, общие принципы, области применения
7	Процессы сушки, общие принципы, области применения
8	Процессы кристаллизации, общие принципы, области применения
9	Процессы отверждения, общие принципы и области применения
10	Процессы растворения, общие принципы и области применения
11	Процессы ионизации, общие принципы. Плазма, понятие и способы создания
12	Сорбционные процессы, понятие, области применения.
13	Понятие десорбции.
14	Аппаратурное оформление процессов сорбции и десорбции
15	Сорбционная емкость статическая и динамическая.
16	Процессы растворения, общие принципы и области применения

### 5.2.2 Типовые тестовые задания

Не предусмотрены

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

Сравнить 2 графика кинетики сорбции сорбата из водной жидкой среды различными сорбентами и определить у какого из выбранных сорбентов скорость процесса выше.

Сравнить 2 графика кинетики сорбции сорбата из водной жидкой среды различными сорбентами и определить у какого из выбранных сорбентов сорбционная емкость больше.

## 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 проводится по билетам. Каждый билет содержит 2 вопроса. Время подготовки на каждый вопрос 40 минут.

## 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>				
Ягодковский В. Д.	Адсорбция : учебное пособие — 2-е изд., электрон.	Москва: Лаборатория знаний	2020	<a href="https://ibooks.ru/reading.php?short=1&amp;productid=350292">https://ibooks.ru/reading.php?short=1&amp;productid=350292</a>
О. В. Асташкина, А. А. Лысенко, Н. Ф. Уварова, Д. А. Петрова	Практические аспекты сорбционных процессов	Санкт-Петербург: СПбГУПТД	2022	<a href="http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=202245">http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=202245</a>

<b>6.1.2 Дополнительная учебная литература</b>				
Лысенко А.А., Штягина Л.М., Асташкина О.В., Марценюк В.В.	Оборудование для получения и переработки полимерных материалов	Санкт-Петербург: СПбГУПТД	2019	<a href="http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=2019316">http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=2019316</a>
Буринский, С. В.	Процессы массопереноса в системах с участием твёрдой фазы	Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна	2017	<a href="http://www.iprbookshop.ru/102554.html">http://www.iprbookshop.ru/102554.html</a>
Гребенников С. Ф., Эльтеков Ю. А.	Сорбция в полимерных системах	СПб.: СПбГУПТД	2014	<a href="http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=1967">http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=1967</a>
Лысенко А.А., Асташкина О.В., Русова Н.В., Кузнецов А.Ю.	Полимерные композиционные материалы со специальными свойствами. Сорбционно-активные композиционные материалы	СПб.: СПбГУПТД	2018	<a href="http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=2018223">http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=2018223</a>
Лысенко А.А., Кузнецов А.Ю.	Методы исследования наноструктурных полимерных материалов	СПб.: СПбГУПТД	2017	<a href="http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=2017627">http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=2017627</a>
Вернер, Эбелинг, Андреас, Фёрстер, Фортов, В., Грязнов, В., Полищук, А., Колесниченко, Ю. В.	Теплофизические свойства горячей плотной плазмы	Москва, Ижевск: Регулярная и хаотическая динамика, Институт компьютерных исследований	2019	<a href="http://www.iprbookshop.ru/92008.html">http://www.iprbookshop.ru/92008.html</a>
Берсенёва, В. С., Бакулев, В. А., Иванцовой, М. Н.	Сорбционные методы выделения продуктов биосинтеза	Екатеринбург: Издательство Уральского университета	2018	<a href="http://www.iprbookshop.ru/106785.html">http://www.iprbookshop.ru/106785.html</a>
Поникаров, А. С., Теляков, Э. Ш.	Многокомпонентный массоперенос в системах газ (пар) – жидкость	Казань: Казанский национальный исследовательский технологический университет	2019	<a href="https://www.iprbookshop.ru/100561.html">https://www.iprbookshop.ru/100561.html</a>
Д. А. Петрова, Т. Ю. Анущенко, Н. Ф. Уварова, О. В. Асташкина, А. А. Лысенко	Процессы массопереноса с участием твёрдой фазы	Санкт-Петербург: СПбГУПТД	2023	<a href="http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=202345">http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=202345</a>
Дворецкий, С. И., Дворецкий, Д. С., Акулинин, Е. И., Голубятников, О. О.	Моделирование и оптимизация циклических адсорбционных процессов для разделения и очистки газовых смесей	Тамбов: Тамбовский государственный технический университет, ЭБС АСВ	2021	<a href="https://www.iprbookshop.ru/123030.html">https://www.iprbookshop.ru/123030.html</a>

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

Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам. Раздел. Информатика и информационные технологии» [Электронный ресурс]. URL: [http://window.edu.ru/catalog/?p\\_rubr=2.2.75.6](http://window.edu.ru/catalog/?p_rubr=2.2.75.6)

База данных Минэкономразвития РФ «Информационные системы

Министерства в сети Интернет» [Электронный ресурс]. URL:

<http://economy.gov.ru/minec/about/systems/infosystems/>

## 6.3 Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения

MicrosoftOfficeProfessional

Microsoft Windows

Эколог, ПДВ – Эколог, Котельные, АТП – Эколог

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

Лаборатории кафедры оснащенные научных оборудованием: аналитические и технические весы, рН-метры, печи высокотемпературной обработки, химические бани водяные, песчаные, парафиновые, масляные, титровальная горка.

Аудитория	Оснащение
Учебная аудитория	Специализированная мебель, доска