

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Владимирский государственный университет  
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»  
(ВлГУ)

Институт архитектуры, строительства и энергетики  
(Наименование института)

УТВЕРЖДАЮ:

Директор института

С.Н. Авдеев

« 30 » 08 2021 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МАССОПЕРЕНОСА**

(наименование дисциплины)

**направление подготовки / специальность**  
**18.04.01 «Химическая технология»**

(код и наименование направления подготовки (специальности))

**направленность (профиль) подготовки**

Химическая технология переработки пластических масс и композиционных материалов

(направленность (профиль) подготовки)

г. Владимир

2021

## 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины «Теоретические основы массопереноса» является формирование у студентов знаний и умений в области физической сущности, основных закономерностей и расчетных зависимостей основных массообменных процессов химической технологии, влияния различных факторов на кинетику и основные параметры процессов со свободной границей раздела фаз и с участием твердой фазы.

Задачи:

- получение знаний о видах распространения вещества внутри фаз и способах переноса вещества из одной фазы в другую;
- получение знаний об общих принципах и особенностях основных массообменных процессах химической технологии;
- приобретение практических навыков определения основных параметров и величин, характеризующих кинетику и эффективность массообменных процессов.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Теоретические основы массопереноса» относится к обязательной части.

## 3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения ОПОП (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине, в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства
	Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине	
ОПК3 Способен разрабатывать нормы выработки, технологические нормативы на расход материалов, заготовок, топлива и электроэнергии, контролировать параметры технологического процесса, выбирать оборудование и технологическую оснастку	ОПК-3.1 Знает требования для составления нормативной документации по ведению технологического процесса, требования менеджмента качества к сырью и готовой продукции ОПК-3.2 Умеет контролировать параметры технологического процесса, выбирать оборудование, технологическую оснастку и технологическую схему производства ОПК-3.3 Владеет способами разработки технологических параметров производства полимерных материалов и композитов	Знает - основные закономерности фазового равновесия массообменных процессов; общие закономерности и расчетные зависимости основных массообменных процессов; основы теории подобия массообменных процессов; Умеет - определять движущую силу и среднюю движущую силу массообменных процессов; рассчитывать тепловые и материальные балансы массообменных процессов Владеет методами построения фазовых диаграмм и диаграмм равновесия массообменных процессов; методами расчета основных параметров массообменных процессов	Тестовые вопросы

#### 4. ОБЪЕМ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единицы, 144 часа

##### Тематический план форма обучения – очная

№ п/п	Наименование тем и/или разделов/тем дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Контактная работа обучающихся с педагогическим работником				Самостоятельная работа	Формы текущего контроля успеваемости, форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	в форме практической подготовки		
1	Общие сведения о массообмене	1	1-6	6	6			18	1-й рейтинг-контроль
2	Массопередача в системах со свободной границей раздела фаз	1	7-12	6	6			18	2-й рейтинг-контроль
3	Массообмен с участием твердой фазы	1	13-18	6	6			36	3-й рейтинг-контроль
Всего за 1 семестр:				18	18			72	экзамен (36 ч.)
Наличие в дисциплине КП/КР									-
Итого по дисциплине				18	18			72	экзамен (36 ч.)

## **Содержание лекционных занятий по дисциплине**

Раздел 1. Общие сведения о массообмене

Тема 1 Основные сведения о массообменных процессах

Содержание темы: Основные понятия и определения. Классификация массообменных процессов. Фазовое равновесие. Движущая сила массообмена.

Тема 2 Основные закономерности и расчетные зависимости

Содержание темы: Закономерности молекулярной диффузии. Закономерности конвективной диффузии. Модели массопереноса. Закономерности массопереноса с участием твердого тела.

Тема 3 Математическое описание массообменных процессов

Содержание темы: Основное уравнение массопередачи. Дифференциальные уравнения переноса массы. Подобие массообменных процессов.

Раздел 2. Массопередача в системах со свободной границей раздела фаз

Тема 4 Абсорбция

Содержание темы: Основные понятия и определения абсорбции. Равновесие и кинетика абсорбции. Материальный баланс абсорбции. Тепловой баланс абсорбции. Закономерности десорбции.

Тема 5 Перегонка и ректификация

Содержание темы: Основные понятия и определения перегонки и ректификации. Равновесие в системе «жидкость – пар». Материальный и тепловой балансы.

Тема 6 Жидкостная экстракция

Содержание темы: Основные понятия и определения жидкостной экстракции. Равновесие в системе «жидкость-жидкость». Материальный баланс жидкостной экстракции. Кинетика жидкостной экстракции.

Раздел 3. Массообмен с участием твердой фазы

Тема 7 Адсорбция и ионный обмен

Содержание темы: Общие сведения об адсорбции и ионном обмене. Равновесие при адсорбции. Кинетика адсорбции.

Тема 8 Сушка

Содержание темы: Основные понятия и определения сушки. Физическая сущность процесса. Кинетика сушки. Материальный баланс сушки. Тепловой баланс сушки.

Тема 9 Мембранные процессы

Содержание темы: Основные понятия и определения мембранных процессов. Классификация мембранных процессов. Физическая сущность мембранных процессов.

## **Содержание практических занятий по дисциплине**

Раздел 1. Общие сведения о массообмене

Тема 1 Основные сведения о массообменных процессах

Содержание практических занятий: Расчеты компонентного состава различных смесей

Тема 2 Основные закономерности и расчетные зависимости

Содержание практических занятий: Определение движущей силы и направления переноса вещества

Тема 3 Математическое описание массообменных процессов

Содержание практических занятий: Расчет параметров процесса абсорбции

Раздел 2. Массопередача в системах со свободной границей раздела фаз

Тема 4 Абсорбция

Содержание практических занятий: Расчет параметров процессов перегонки и ректификации

Тема 5 Перегонка и ректификация

Содержание практических занятий: Расчет параметров процесса жидкостной экстракции

Тема 6 Жидкостная экстракция

Содержание практических занятий: Расчет параметров процесса адсорбции

Раздел 3. Массообмен с участием твердой фазы

Тема 7 Адсорбция и ионный обмен

Содержание практических занятий: Расчет параметров процесса ионного обмена

Тема 8 Сушка

Содержание практических занятий: Расчет параметров процесса сушки

Тема 9 Мембранные процессы

Содержание практических занятий: Расчет параметров мембранных процессов

## **5. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ**

### **5.1. Текущий контроль успеваемости**

#### **1-й семестр**

#### **Рейтинг-контроль №1**

1. Основные понятия и определения массообменных процессов;
2. Классификация массообменных процессов;
3. Фазовое равновесие;
4. Фазовые переходы второго рода;
5. Диаграммы фазового равновесия пар – жидкость для бинарной смеси с различной взаимной растворимых компонентов;
6. Диаграммы фазового равновесия пар – жидкость для тройных смесей;
7. Диаграммы фазового равновесия жидкость – твердое тело и газ - твердое;
8. Движущая сила масообмена;
9. Закономерности молекулярной диффузии;
10. Закономерности конвективной диффузии;
11. Модели массопереноса;
12. Закономерности массопереноса с участием твердого тела;
13. Основное уравнение массопередачи;
14. Дифференциальные уравнения переноса массы;
15. Подобие массообменных процессов;
16. Преобразование дифференциальных уравнений методами теории подобия для получения критериев.

#### **Рейтинг-контроль №2**

1. Основные понятия и определения абсорбции;
2. Равновесие и кинетика абсорбции;
3. Материальный баланс абсорбции;
4. Тепловой баланс абсорбции;
5. Абсорбция многокомпонентных смесей;
6. Закономерности десорбции;

7. Основные понятия и определения перегонки и ректификации;
8. Равновесие в системе «жидкость – пар»;
9. Материальный и тепловой балансы перегонки и ректификации;
10. Молекулярная дистилляция;
11. Основные понятия и определения жидкостной экстракции;
12. Равновесие в системе «жидкость-жидкость»;
13. Материальный баланс жидкостной экстракции;
14. Кинетика жидкостной экстракции;
15. Степень изменения концентрации при экстрагировании;
16. Противоточная экстракция с флегмой;
17. Экстрагирование двумя растворителями;
18. Регенерация экстрагентов;
19. Тепловой баланс жидкостной экстракции.

### **Рейтинг-контроль №3**

1. Основные закономерности процесса растворения;
2. Основные закономерности процесса кристаллизации;
3. Основные закономерности процесса экстрагирования (выщелачивания);
4. Общие сведения об адсорбции и ионном обмене;
5. Равновесие при адсорбции;
6. Кинетика адсорбции;
7. Материальный баланс адсорбции;
8. Особенности кинетики ионного обмена;
9. Регенерация адсорбентов и ионитов;
10. Основные понятия и определения сушки;
11. Физическая сущность процесса сушки;
12. Кинетика сушки;
13. Материальный баланс сушки;
14. Тепловой баланс сушки;
15. Основные понятия и определения мембранных процессов;
16. Классификация мембранных процессов;
17. Физическая сущность мембранных процессов;
18. Классификация мембран;
19. Регенерация мембран;
20. Факторы, влияющие на мембранные процессы.

## **5.2. Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины**

### **Вопросы для подготовки к экзамену**

1. Основные понятия и определения массообменных процессов;
2. Классификация массообменных процессов;
3. Фазовое равновесие;
4. Фазовые переходы второго рода;
5. Диаграммы фазового равновесия пар – жидкость для бинарной смеси с различной взаимной растворимых компонентов;
6. Диаграммы фазового равновесия пар – жидкость для тройных смесей;
7. Диаграммы фазового равновесия жидкость – твердое тело и газ - твердое;
8. Движущая сила массообмена;
9. Закономерности молекулярной диффузии;
10. Закономерности конвективной диффузии;
11. Модели массопереноса;
12. Закономерности массопереноса с участием твердого тела;

13. Основное уравнение массопередачи;
14. Дифференциальные уравнения переноса массы;
15. Подобие массообменных процессов;
16. Преобразование дифференциальных уравнений методами теории подобия для получения критериев.
17. Основные понятия и определения абсорбции;
18. Равновесие и кинетика абсорбции;
19. Материальный баланс абсорбции;
20. Тепловой баланс абсорбции;
21. Абсорбция многокомпонентных смесей;
22. Закономерности десорбции;
23. Основные понятия и определения перегонки и ректификации;
24. Равновесие в системе «жидкость – пар»;
25. Материальный и тепловой балансы перегонки и ректификации;
26. Молекулярная дистилляция;
27. Основные понятия и определения жидкостной экстракции;
28. Равновесие в системе «жидкость-жидкость»;
29. Материальный баланс жидкостной экстракции;
30. Кинетика жидкостной экстракции;
31. Степень изменения концентрации при экстрагировании;
32. Противоточная экстракция с флегмой;
33. Экстрагирование двумя растворителями;
34. Регенерация экстрагентов;
35. Тепловой баланс жидкостной экстракции.
36. Основные закономерности процесса растворения;
37. Основные закономерности процесса кристаллизации;
38. Основные закономерности процесса экстрагирования (выщелачивания);
39. Общие сведения об адсорбции и ионном обмене;
40. Равновесие при адсорбции;
41. Кинетика адсорбции;
42. Материальный баланс адсорбции;
43. Особенности кинетики ионного обмена;
44. Регенерация адсорбентов и ионитов;
45. Основные понятия и определения сушки;
46. Физическая сущность процесса сушки;
47. Кинетика сушки;
48. Материальный баланс сушки;
49. Тепловой баланс сушки;
50. Основные понятия и определения мембранных процессов;
51. Классификация мембранных процессов;
52. Физическая сущность мембранных процессов;
53. Классификация мембран;
54. Регенерация мембран;
55. Факторы, влияющие на мембранные процессы.

### **5.3. Самостоятельная работа обучающегося.**

Самостоятельная работа студентов заключается в самостоятельном изучении вопросов, входящих в состав теоретического курса дисциплины, подготовке к практическим занятиям и решению задач на них, а также в подготовке к текущему контролю знаний и промежуточной аттестации.



Самостоятельная работа студентов обеспечивается учебной литературой, доступной в библиотеке и электронном зале ВлГУ, Интернет-ресурсами, а также учебно-методическими комплексами, доступными на кафедре «Химические технологии».

Фонд оценочных материалов (ФОМ) для проведения аттестации уровня сформированности компетенций обучающихся по дисциплине оформляется отдельным документом.

## **6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **6.1. Книгообеспеченность**

Наименование литературы: автор, название, вид издания, издательство	Год издания	КНИГООБЕСПЕЧЕННОСТЬ
		Наличие в электронном каталоге ЭБС
<b>Основная литература</b>		
1. Поникарпов А.С., Теляков Э.Ш. Многокомпонентный массоперенос в системах газ (пар) – жидкость, монография, изд-во КНИТУ	2019	<a href="https://www.studentlibrary.ru/ru/book/ISBN9785788225753.html">https://www.studentlibrary.ru/ru/book/ISBN9785788225753.html</a>
2. Фролов В.Ф., Лекции по курсу "Процессы и аппараты химической технологии", учебное издание, Химиздат	2017	<a href="https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785938083042.html">https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785938083042.html</a>
3. Мирам А.О., Техническая термодинамика. Теплообмен, учебное издание, АСВ	2017	<a href="https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785930938418.html">https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785930938418.html</a>
4. Романков П.Г., Фролов В.Ф., Флисюк О.М., Массообменные процессы химической технологии, учеб. пособие, Химиздат	2017	<a href="https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785938082892.html">https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785938082892.html</a>
5. Барилевич В.А., Смирнов Ю.А., Основы технической термодинамики и теории тепло- и массообмена, учеб. пособие, НИЦ ИНФРА-М	2014	<a href="http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=356818">http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=356818</a>
<b>Дополнительная литература</b>		
1. Гершанов В.Ю., Гармашов С.И., Нелинейные нестационарные эффекты в процессах массопереноса, учебное издание, изд-во ЮФУ	2014	<a href="https://www.studentlibrary.ru/ru/book/ISBN9785927512324.html">https://www.studentlibrary.ru/ru/book/ISBN9785927512324.html</a>
2. Романков П.Г. и др., Массообменные процессы химической технологии, учеб. пособие, Химиздат	2011	<a href="http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785938081949.html">http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785938081949.html</a>
3. Рудобашта С. П., Карташов Э. М., Диффузия в химико-технологических процессах, учебное издание, КолосС	2013	<a href="http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785953207140.html">http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785953207140.html</a>
4. Разинов А.И., Суханов П.П., Процессы массопереноса с участием твердой фазы, учебное пособие, изд-во КНИТУ	2012	<a href="http://www.studentlibrary.ru/book/knitu-0004.html">http://www.studentlibrary.ru/book/knitu-0004.html</a>
5. Гремячкин В.М., Уравнения переноса массы в теории массообмена: метод. рекомендации к изучению курса "Теория теплообмена", изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана	2011	<a href="http://www.studentlibrary.ru/book/bauman_0360.html">http://www.studentlibrary.ru/book/bauman_0360.html</a>

### **6.2. Периодические издания**

1. РЖ 78. Теплообмен, ВИНТИ РАН, г. Москва;
2. Инженерно-физический журнал, Институт тепло- и массообмена им. А.В. Лыкова Национальной академии наук Беларуси, г. Минск;
3. Теоретические основы химической технологии, Институт общей и неорганической химии им. Н.С. Курнакова РАН, г. Москва;
4. Химическая технология, ООО «Наука и технологии», г. Москва;
5. РЖ 19. Химия. 19И. Общие вопросы химической технологии, ООО «НТИ-Компакт», г. Москва;
6. Химия и химическая технология, Ташкентский химико-технологический институт, г. Ташкент;



7. Известия вузов. Химия и химическая технология, Ивановский государственный химико-технологический университет, г. Иваново.

### **6.3. Интернет-ресурсы**

1. <http://www.itmo.by>
2. <http://www.fptl.ru/biblioteka/paht.html>
3. <http://alumni.pharminnotech.com/biblioteka/paht>

## **7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

Для реализации данной дисциплины имеются специальные помещения для проведения занятий лекционного типа с наличием мультимедийных средств. Для проведения практических занятий имеется специализированный компьютерный класс.

Перечень используемого лицензионного программного обеспечения Windows 7 Microsoft Open License 62857078; MS Office 2010 Microsoft Open License 65902316.

Рабочую программу составил Пикалов Е.С., доцент каф. ХТ

(ФИО, должность, подпись)

Рецензент

(представитель работодателя) ООО «Альфасистемы», ген. директор, Потапов Д.А.

(место работы, должность, ФИО, подпись)

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ХТ

Протокол № 1 от 30.08.21 года

Заведующий кафедрой Панов Ю.Т.

(ФИО, подпись)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена

на заседании учебно-методической комиссии направления 18.04.01 «Химическая технология».

Протокол № 1 от 30.08.21 года

Председатель комиссии Панов Ю.Т., зав. кафедрой ХТ

(ФИО, должность, подпись)

**ЛИСТ ПЕРЕУТВЕРЖДЕНИЯ  
РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ**

Рабочая программа одобрена на 20\_\_\_\_ / 20\_\_\_\_ учебный года

Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ года

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

Рабочая программа одобрена на 20\_\_\_\_ / 20\_\_\_\_ учебный года

Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ года

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

Рабочая программа одобрена на 20\_\_\_\_ / 20\_\_\_\_ учебный года

Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ года

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_