

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)

УТВЕРЖДАЮ

Проректор
по образовательной деятельности

А.А.Панфилов

« 02 » 09 2019 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МАССОПЕРЕНОСА

(наименование дисциплины)

Направление подготовки	18.04.01 «Химическая технология»
Профиль/программа подготовки	Химическая технология переработки пластических масс и композиционных материалов
Уровень высшего образования	магистратура
Форма обучения	очная

Семестр	Трудовоемкость зач. ед./ час.	Лекции, час.	Практич. занятия, час.	Лаборат. работы, час.	СРС, час.	Форма промежуточной аттестации (экзамен/зачет/зачет с оценкой)
1	4 / 144	18	18		63	экзамен (45 ч)
Итого	4 / 144	18	18		63	экзамен (45 ч)

Владимир 2019

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения дисциплины «Теоретические основы массопереноса» состоит в формировании у студентов знаний и умений в области физической сущности, основных закономерностей и расчетных зависимостей основных массообменных процессов химической технологии, влиянии 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 ВО

Дисциплина «Теоретические основы массопереноса» относится к дисциплинам базовой части.

Пререквизиты дисциплины: математика, физика, инженерная графика, начертательная геометрия, общая и неорганическая химия, процессы и аппараты химической технологии

3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения ОПОП

Код формируемых компетенций	Уровень освоения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине характеризующие этапы формирования компетенций (показатели освоения компетенции)
1	2	3
ОК-4	частичное	<i>Знать:</i> основные закономерности фазового равновесия массообменных процессов; общие закономерности и расчетные зависимости основных массообменных процессов; <i>Уметь:</i> определять движущую силу и среднюю движущую силу массообменных процессов <i>Владеть:</i> методами построения фазовых диаграмм и диаграмм равновесия массообменных процессов
ОПК-4	частичное	<i>Знать:</i> основные закономерности молекулярной и конвективной диффузии; основы теории подобия массообменных процессов; <i>Уметь:</i> рассчитывать тепловые и материальные балансы массообменных процессов <i>Владеть:</i> методами расчета основных параметров массообменных процессов

4. ОБЪЕМ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единицы, 144 часа

№ п/п	Наименование тем и/или разделов/тем дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)				Объем учебной работы, с применением интерактивных методов (в часах / %)	Формы текущего контроля успеваемости, форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	СРС		
1	Общие сведения о массообмене	1	1-6	6	6		14	7 / 58,3	1-й рейтинг-контроль
2	Массопередача в системах со свободной границей раздела фаз	1	7-12	6	6		14	7 / 58,3	2-й рейтинг-контроль
3	Массообмен с участием твердой фазы	1	13-18	6	6		35	7 / 58,3	3-й рейтинг-контроль
Всего за 1 семестр:				18	18		63	21 / 58,3	экзамен (45 ч)
Наличие в дисциплине КП/КР					-				
Итого по дисциплине				18	18		63	21 / 58,3	экзамен (45 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. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В преподавании дисциплины «Теоретические основы массопереноса» используются разнообразные образовательные технологии как традиционные, так и с применением активных и интерактивных методов обучения.

Активные и интерактивные методы обучения:

- *Интерактивная лекция* (темы 1-9);
- *Групповая дискуссия* (темы 1-9);
- *Анализ ситуаций* (темы 1-9);
- *Разбор конкретных ситуаций* (темы 1-9).

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

Текущий контроль успеваемости (рейтинг-контроль 1, рейтинг-контроль 2, рейтинг-контроль 3)

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 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.

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.

Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины (экзамен)

контрольные 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.

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

Самостоятельная работа студентов заключается в изучении вопросов, предусмотренных для самостоятельного изучения, подготовке к практическим занятиям и решению задач на них, а также в подготовке к текущему контролю знаний и промежуточной аттестации.

Контрольные вопросы для самостоятельного изучения:

1. Фазовые переходы второго рода;
2. Диаграммы фазового равновесия пар – жидкость для бинарной смеси с различной взаимной растворимых компонентов;
3. Диаграммы фазового равновесия пар – жидкость для тройных смесей;
4. Диаграммы фазового равновесия жидкость – твердое тело и газ - твердое;

5. Преобразование дифференциальных уравнений методами теории подобия для получения критериев.
6. Абсорбция многокомпонентных смесей;
7. Молекулярная дистилляция;
8. Степень изменения концентрации при экстрагировании;
9. Противоточная экстракция с флегмой;
10. Экстрагирование двумя растворителями;
11. Регенерация экстрагентов;
12. Тепловой баланс жидкостной экстракции.
13. Основные закономерности процесса растворения;
14. Основные закономерности процесса кристаллизации;
15. Основные закономерности процесса экстрагирования (выщелачивания);
16. Материальный баланс адсорбции;
17. Особенности кинетики ионного обмена;
18. Регенерация адсорбентов и ионитов;
19. Классификация мембран;
20. Регенерация мембран;
21. Факторы, влияющие на мембранные процессы.

Для успешного выполнения самостоятельной работы студентам рекомендуются следующие учебно-методические источники:

- Романков П.Г. и др. Массообменные процессы химической технологии: Учеб. пособие. - СПб.: ХИМИЗДАТ, 2011. - 440 с (доступ по интернет-ссылке <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785938081949.html>);

- Разинов А.И., Суханов П.П. Процессы массопереноса с участием твердой фазы: учебное пособие - Казань: издательство КНИТУ, 2012. - 96 с (доступ по интернет-ссылке <http://www.studentlibrary.ru/book/knitu-0004.html>);

- Гришин Н.С. Экстракция в поле переменных сил. Гидродинамика, массопередача, аппараты: монография: в 2 ч. Ч. 1 - Казань: Изд-во КНИТУ, 2012. - 468 с. (доступ по интернет-ссылке <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785788213330.html>).

Фонд оценочных средств для проведения аттестации уровня сформированности компетенций обучающихся по дисциплине оформляется отдельным документом.

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

7.1. Книгообеспеченность

Наименование литературы: автор, название, вид издания, издательство	Год издания	КНИГООБЕСПЕЧЕННОСТЬ	
		Количество экземпляров изданий в библиотеке ВлГУ в соответствии с ФГОС ВО	Наличие в электронной библиотеке ВлГУ
1	2	3	4
Основная литература			
1. Рудобашта С. П., Карташов Э. М. Диффузия в химико-технологических процессах. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: КолосС, 2013. - 478 с.	2013		http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785953207140.html
2. Разинов А.И., Суханов П.П. Процессы массопереноса с участием твердой фазы: учебное пособие - Казань: издательство КНИТУ, 2012. - 96 с	2012		http://www.studentlibrary.ru/book/knitu-0004.html

1	2	3	4
3. Гришин Н.С. Экстракция в поле переменных сил. Гидродинамика, массопередача, аппараты: монография: в 2 ч. Ч. 1 - Казань: Изд-во КНИТУ, 2012. - 468 с.	2012		http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785788213330.html
Дополнительная литература			
1. Гремячкин В.М. Уравнения переноса массы в теории массообмена: метод, рекомендации к изучению курса "Теория теплообмена" / В.М. Гремячкин. - М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2011. - 15 с	2011		http://www.studentlibrary.ru/book/bauman_0360.html
2. Романков П.Г. и др. Массообменные процессы химической технологии: Учеб. пособие. - СПб.: ХИМИЗДАТ, 2011. - 440 с	2011		http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785938081949.html
3. Цветков Ф.Ф., Григорьев Б.А. Теплообмен: учебник для вузов. - М. Издательский дом МЭИ, 2011. - 562 с.	2011		http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383005637.html
4. Фролов В.Ф. Лекции по курсу Процессы и аппараты химической технологии. - 2-е изд., истр. - СПб.: ХИМИЗДАТ, 2008. - 608 с (доступ по интернет-ссылке)	2008		http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785938081581.html

7.2. 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.

7.3. Интернет-ресурсы

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

8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Для реализации данной дисциплины имеются специальные помещения для проведения занятий *лекционного типа, занятий практического типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, а также помещения для самостоятельной работы.*

Практические занятия и лабораторные работы проводятся в ауд. 127б-1 «Лаборатория ПАХТ».

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

