

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Минцаев Магомед Шавалович
Должность: Ректор
Дата подписания: 26.11.2023 23:39:03
Уникальный программный ключ:
236bcc35c296119d6aafdc22836b21db524bc07b74a86865a582159614304cc

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Грозненский государственный нефтяной технический университет
им. академика М. Д. Миллионщикова



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
дисциплины

«ПРОЦЕССЫ МАССОПЕРЕНОСА СИСТЕМЫ С УЧАСТИЕМ ТВЕРДОЙ ФАЗЫ»

Направление подготовки
18.04.01 «Химическая технология»

Направленность (профиль)
«Химическая технология природных энергоносителей и углеродных материалов»

Квалификация
Магистр

Цель и задачи дисциплины

Цель преподавания дисциплины «Процессы массопереноса в системах с участием твердой фазы» состоит в формировании компетенций, связанных с совершенствованием технологических процессов с участием сорбентов и катализаторов, а также приобретение студентами знаний включающих: общие понятия, закономерности, основные уравнения процессов массопереноса в системах с участием твердой фазы, умение применять приобретённую совокупность знаний при выполнении расчётов основных химико-технологических переделов и выполнение элементов проектных разработок.

Задача дисциплины в том, чтобы на основании полученных знаний будущий специалист мог участвовать в разработке конкурентоспособных технологий, осуществлять технологический процесс в соответствии с требованиями технологического регламента

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Процессы массопереноса в системах с участием твердой фазы» — дисциплина базовой части профессионального цикла профилей «Химическая технология природных энергоносителей и углеродных материалов», «Химическая технология органических веществ» второго уровня высшего профессионального образования магистратуры.

Дисциплина является предшествующей для изучения последующих всех дисциплин профессиональной части.

3. Требования к уровню освоения содержания дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

- способность к профессиональному росту, к самостоятельному обучению новым методам исследования, к изменению научного и научно-производственного профиля своей профессиональной деятельности (ОК- 5);
- способность на практике использовать умения и навыки в организации исследовательских и проектных работ, в управлении коллективом (ОК- 7);
- способность с помощью информационных технологий к самостоятельному приобретению и использованию в практической деятельности новых знаний и умений, в том числе в областях знаний, непосредственно не связанных со сферой деятельности (ОК- 9).
- способность к профессиональной эксплуатации современного оборудования и приборов в соответствии с направлением и профилем подготовки (ОПК- 3);
- готовность к использованию методов математического моделирования материалов и технологических процессов, к теоретическому анализу и экспериментальной проверке теоретических гипотез (ОПК-4);
- готовность к поиску, обработке, анализу и систематизации научно-технической информации по теме исследования, выбору методик и средств решения задачи (ПК-2);
- способность использовать современные приборы и методики, организовывать проведение экспериментов и испытаний, проводить их обработку и анализировать их результаты (ПК-3);

В результате освоения дисциплины студент должен.

знать:

- новые методы исследования (ОК-5);
- методы обработки, анализа и систематизации научно-технической информации по теме исследования, выбору методик и средств решения задачи (ПК-2);
- классификацию современных приборов и методики проведения экспериментов (ПК-3);

уметь:

- использовать на практике умения и навыки в организации исследовательских и проектных работ (ОК- 7);
- эксплуатировать современное оборудование и приборы в соответствии с направлением и профилем подготовки (ОПК- 3);
- проводить обработку экспериментов и анализировать их результаты (ПК-3);

владеть:

- информационными технологиями для приобретения самостоятельных знаний и умений (ОК- 9).
- методами математического моделирования материалов и технологических процессов (ОПК-4)

4. Объем дисциплины и виды учебной работы**Таблица 1**

Вид учебной работы	Всего часов/зач.ед		семестр	
			3	3
	ОФО	ОЗФО	ОФО	ОЗФО
Аудиторные занятия (всего)	66	48	66	48
В том числе:				
Лекции	22	12	22	12
Практические занятия (ПЗ)	22	24	22	24
Семинары (С)				
Лабораторные работы (ЛР)	22	12	22	12
Самостоятельная работа (всего)	78	96	78	96
В том числе:				
Реферат				
Темы для самостоятельного изучения	40	42	40	42
<i>И(или) другие виды самостоятельной работы:</i>				
Подготовка к лабораторным работам	12	18	12	18
Подготовка к практическим занятиям	8	18	8	18
Подготовка к экзамену	18	18	18	18
Вид отчетности (экзамен)	экзамен	экзамен	экзамен	экзамен
Общая трудоемкость дисциплины	ВСЕГО в часах	144	144	144
	ВСЕГО в зач.единицах	4	4	4

5. Содержание дисциплины

5.1. Разделы дисциплины и виды занятий

Таблица 2

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Лекц.	Практ зан.	Лаб. зан.	Сам. раб.	Всего часов
1	Введение	2	2	2	2	8
2	Общие закономерности переноса вещества во внешней фазе	4	4	4	12	24
3	Общие закономерности переноса вещества в твердой фазе	4	4	4	12	24
4	Адсорбция	4	4	4	12	24
5	Сушка	2	2	2	12	18
6	Растворение и экстрагирование в системе твердое тело-жидкость	4	4	4	12	24
7	Кристаллизация	2	2	2	16	22
	Итого	22	22	22	78	144

5.2 Лекционные занятия

Таблица 3

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела
1	Введение	Цели и задачи дисциплины
2	Общие закономерности переноса вещества во внешней фазе	Механизмы переноса вещества во внешней фазе. Диффузионный пограничный слой и уравнение массоотдачи. Критериальные уравнения массоотдачи.
3	Общие закономерности переноса вещества в твердой фазе	Структура материалов твердой фазы. Классификация материалов твердой фазы. Диффузионное равновесие. Основные механизмы массопереноса. Экспериментальная проверка уравнения массопроводности.
4	Адсорбция	Физическая и химическая адсорбция. Адсорбенты и их свойства. Равновесие при адсорбции. Уравнение материального баланса адсорбции. Кинетика адсорбции. Равновесная и неравновесная адсорбция. Адсорберы. Устройство и принцип действия. Расчет адсорберов. Десорбция и ионный обмен

5	Сушка	Основные понятия и определения. Основные физические свойства влажного газа. Твердое тело как объект сушки. Равновесие фаз при сушке. Материальный баланс конвективной сушки. Тепловой баланс сушки. Принципиальные схемы процессов сушки. Кинетика сушки. Массоперенос при сушке. Продолжительность сушки. Расчет сушильных установок
	Растворение и экстрагирование в системе твердое тело-жидкость	Растворение. Экстрагирование растворенного вещества. Экстрагирование твердого вещества. Способы экстрагирования и растворения. Устройство и принцип действия экстракторов и аппаратов для растворения.
	Кристаллизация	Равновесие при кристаллизации. Материальный и тепловой балансы кристаллизации. Кинетика кристаллизации. Разделение смесей кристаллизацией. Устройство и принцип действия кристаллизаторов.

5.3. Лабораторный практикум

Таблица 4

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование лабораторных работ
1	4	Структурно-поверхностные характеристики и методы их исследования. Определение удельной поверхности.
3	4	Основные характеристики адсорбентов и катализаторов. Определение активности катализаторов
4	5	Способы приготовления сорбентов. Получение сорбента на основе дисперсного кремнезема и на основе алюмогеля.
7	5	Способы приготовления катализаторов. Получение катализатора нанесением активного компонента из раствора.
8	6	Применение сорбентов в газовой хроматографии. Приготовление колонки для газ-адсорбционной хроматографии.
9	6	Проведение хроматографического разделения газов на приготовленной колонке.

5.4 Практические занятия (семинары)

Таблица 5

№ п/п	№ раздела дисциплины	Тематика практических занятий (семинаров)
1	2	Определение коэффициента массоотдачи во внешней фазе с помощью критериальных уравнений.
2	3	Определение коэффициента внутренней массоотдачи для систем с участием твердого тела.
3	4	Расчет времени защитного действия слоя поглотителя. Определение продолжительности адсорбции. Принципы расчета адсорберов периодического действия. Принципы расчета адсорберов непрерывного действия.
4	5	Определение характеристик влажного пара. Определение расхода сухого воздуха, расхода теплоты на сушку, теплового КПД. Материальный и тепловой балансы сушки. Принципы расчета сушильных установок.
5	6	Составление уравнения материального баланса процесса экстрагирования растворенного вещества из твердого тела для прямоточного и противоточного движения фаз. Определение размеров экстракционного аппарата
6	7	Материальный и тепловой баланс кристаллизаторов. Расчеты кристаллизаторов различных типов

6. Самостоятельная работа студентов по дисциплине

Текущая самостоятельная работа по дисциплине «Процессы массопереноса с участием твердой фазы», направленная на углубление и закрепление знаний студента, на развитие практических умений, включает в себя следующие виды работ:

- работа с лекционным материалом; поиск и обзор литературы и электронных источников информации по индивидуально заданной тематике дисциплины;
- подготовка к практическим занятиям;
- подготовка к лабораторным работам;
- изучение тем, вынесенных на самостоятельную проработку;
- подготовка к экзамену.

Контроль самостоятельной работы

№	Вид самостоятельной работы	Форма контроля
1	Работа с лекционным материалом	Проверка конспектов
2	Изучение тем, вынесенных на самостоятельную проработку	Письменный опрос или контрольная работа
3	подготовка к лабораторным работам	Устный опрос
4	подготовка к практическим занятиям	Устный опрос
5	Подготовка к экзамену	Экзамен

6.1. Темы для самостоятельного изучения

1. Обзор и анализ мировых достижений в области химической технологии
2. Проблема энерго- и ресурсосбережения в химической технологии
3. Основные научные и технические проблемы химической технологии
4. Современное состояние и проблемы очистки жидкостей от механических примесей
5. Современное состояние и проблемы обезвоживания суспензий
6. Современное состояние и проблемы сушки непластичного минерального сырья
7. Современное состояние и проблемы сушки органического сырья
8. Физические методы интенсификации процессов химической технологии
9. Использование наноструктур в химической технологии
10. Проблема энергосбережения в промышленности высокотемпературного синтеза
11. Проблема ресурсосбережения в промышленности высокотемпературного синтеза
12. Проблемы внедрения (использования) малоотходных и безотходных технологий при производстве химических продуктов
13. Роль и значение оптимизации физико-химических условий проведения технологических процессов в решении проблем химической технологии

6.2 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы

1. Рудобашта С. П. Массоперенос в системах с твердой фазой. М.: Химия, 1980, - 248 с
2. Сарданашвили А.Г., Львова А.И. Примеры и задачи по технологии переработки нефти и газа. – 2-е изд., пер. и доп. – М.: Химия, 1980. – 256с.
3. Кузнецов А.А., Кагерманов С.М., Судаков Е.Н. Расчёты процессов и аппаратов нефтеперерабатывающей промышленности. – 2-е изд., пер. и доп. – Л.: Химия, 1974. – 344с.

7. Фонды оценочных средств

Паспорт фонда оценочных средств дисциплины

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции (или ее части)	Наименование оценочного средства
1	Общие закономерности переноса вещества во внешней фазе	ОК-5,7,9	Блиц-опрос
2	Адсорбция	ОПК-3,4, ПК-2,3,7	Блиц-опрос
3	Сушка	ОПК-3,4, ПК-2,3,7	Блиц-опрос
4	Растворение и экстрагирование в системе твердое тело-жидкость	ОПК-3,4, ПК-2,3,7	Блиц-опрос
5	Кристаллизация	ОПК-3,4, ПК-2,3,7	Блиц-опрос

7.1 Оценочные средства для текущего контроля успеваемости

7.1.1 Вопросы к экзамену

1. Механизмы переноса вещества во внешней фазе.
2. Диффузионный пограничный слой и уравнение массоотдачи.
3. Критериальные уравнения массоотдачи.
4. Структура материалов твердой фазы.
5. Классификация материалов твердой фазы.
6. Диффузионное равновесие.
7. Основные механизмы массопереноса.
8. Экспериментальная проверка уравнения массопроводности.
9. Физическая и химическая адсорбция.
10. Адсорбенты и их свойства.
11. Равновесие при адсорбции.
12. Уравнение материального баланса адсорбции.
13. Кинетика адсорбции.
14. Равновесная и неравновесная адсорбция.
15. Адсорберы. Устройство и принцип действия.
16. Расчет адсорберов.
17. Десорбция и ионный обмен.
18. Основные понятия и определения.
19. Основные физические свойства влажного газа.
20. Твердое тело как объект сушки.
21. Равновесие фаз при сушке.
22. Материальный баланс конвективной сушки.
23. Тепловой баланс сушки.
24. Принципиальные схемы процессов сушки.
25. Кинетика сушки. Массоперенос при сушке.
26. Продолжительность сушки. Расчет сушильных установок.
27. Растворение. Экстрагирование растворенного вещества.
28. Экстрагирование твердого вещества.
29. Способы экстрагирования и растворения.
30. Устройство и принцип действия экстракторов и аппаратов для растворения.
31. Равновесие при кристаллизации.

32. Материальный и тепловой балансы кристаллизации.
33. Кинетика кристаллизации.
34. Разделение смесей кристаллизацией.
35. Устройство и принцип действия кристаллизаторов.

7.1.2 Примерный образец экзаменационного билета

ГРОЗНЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НЕФТЯНОЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1

Дисциплина

Факультет НТФ **профиль** НТ **семестр**

1. Сформулируйте основные положения теории капиллярной конденсации.
 2. Приведите фундаментальное адсорбционное уравнение и дайте определение избыточной адсорбции.
-

« » _____ 20 г.

Зав. кафедрой Л.Ш.Махмудова

Лектор

7.2 Контрольные вопросы для лабораторных работ

1. Структурно-поверхностные характеристики и методы их исследования.
2. Основные характеристики адсорбентов и катализаторов.
3. Способы приготовления.
4. Исследование полученных сорбентов.
5. Способы приготовления катализаторов.
6. Применение сорбентов в газовой хроматографии.
7. Проведение хроматографического разделения газов на приготовленной колонке.

7.3 Примеры задач для решения на практических занятиях

1. Ниже приведены экспериментальные данные по адсорбции азота на TiO₂ (рутиле) при 75 К:

$P \cdot 10^2$ Па.....	60,94	116,41	169,84	218,65	275,25
A , моль/кг.....	0,367	0,417	0,467	0,512	0,567

Постройте график соответствующий линейному уравнению БЭТ. Найдите константы A_{∞} и k . Рассчитайте удельную поверхность адсорбента. Давление насыщенного пара азота при указанной температуре $P_s = 78300$ Па, площадь, занимаемая одной молекулой азота $S_0 = 0,16$ нм².

2. Окись углерода адсорбируется на слюде; данные при 90 К представлены ниже. Определите, какой изотерме – Лэнгмюра или Фрейндлиха – лучше соответствуют эти данные? Каково значение K для адсорбционного равновесия? Взяв общую поверхность равной 6200см^2 , рассчитайте площадь, занимаемую каждой адсорбированной молекулой.

$V_a, \text{см}^3$	0,130	0,150	0,162	0,166	0,175	0,180
$P, \text{мм. рт. ст.}$	100	200	300	400	500	600.

3. При измерении адсорбции газообразного азота на активном угле при 194.4К были получены следующие данные:

$p \cdot 10^{-3}, \text{Па}$	1,86	6,12	17,96	33,65	68,89
$A \cdot 10^3, \text{м}^3/\text{кг}$	5,06	14,27	23,61	32,56	40,83

Значения A даны для азота при нормальных условиях.

Рассчитайте, постоянные в уравнение Лэнгмюра и удельную поверхность активированного угля, принимая плотность газообразного азота равной

$1,25 \text{кг}/\text{м}^3$, а площадь занимаемую одной молекулой азота на поверхности адсорбента, равной $0,16 \text{нм}^2$.

4. При измерении адсорбции азота на активированном угле при 273 К были получены следующие данные:

$A, \text{см}^3/\text{г}$	0,987	3,04	5,08	7,04	10,31
$P, \text{мм. рт. ст.}$	3,93	12,98	22,94	34,01	56,23

Построить график в координатах, в которых происходит спрямление уравнения изотермы Лэнгмюра, и определить константы этого уравнения.

5. Определите константы эмпирического уравнения Фрейндлиха, используя следующие данные об адсорбции диоксида углерода на активном угле при 293 К:

$P \cdot 10^{-3}, \text{Па}$	1,00	4,48	10,0	14,4	25,0	45,2
$A \cdot 10^2, \text{кг}/\text{кг}$	3,23	6,67	9,62	11,72	14,5	17,7.

6. Используя уравнение БЭТ, построить изотерму адсорбции бензола по нижеуказанным данным и рассчитайте удельную поверхность адсорбента по изотерме адсорбции бензола (варианты 1-4):

1. P/P_s	0,04	0,08	0,16	0,22	0,27	0,36	0,46
$A, \text{моль}/\text{кг}$	0,348	0,483	0,624	0,724	0,805	0,928	0,13
2. P/P_s	0,05	0,12	0,19	0,26	0,34	0,44	0,50
$A, \text{моль}/\text{кг}$	0,31	0,593	0,795	0,99	1,21	1,525	1,77
3. P/P_s	0,03	0,07	0,12	0,17	0,24	0,31	0,38
$A, \text{моль}/\text{кг}$	0,196	0,301	0,373	0,423	0,488	0,52	0,625
4. P/P_s	0,02	0,05	0,11	0,19	0,25	0,3	0,36
$A, \text{моль}/\text{кг}$	0,104	0,196	0,298	0,387	0,443	0,488	0,55

Площадь, занимаемую молекулой бензола, примите равной $0,49 \text{нм}^2$.

7. Используя уравнение БЭТ, рассчитайте удельную поверхность адсорбента по данным об адсорбции азота:

$A \cdot 10^3, \text{м}^3/\text{кг}$	0,71	0,31	0,93	1,09
P/P_s	0,1	0,2	0,3	0,4.

Площадь занимаемая молекулой азота в плотном монослое, равна $0,16 \text{нм}^2$,

Плотность азота $1,25 \text{кг}/\text{м}^3$.

8. При обработке данных по адсорбции азота на графитированной саже при 77 К с помощью графика, соответствующего линейному уравнению БЭТ,

найденно, что тангенс угла наклона прямой составляет $1,5 \cdot 10^3$, а отрезок, отсекаемый на оси ординат, равен 5 единицам (адсорбция выражена в м^3 азота на 1 кг адсорбента при нормальных условиях). Рассчитайте удельную поверхность адсорбента, предполагая, что площадь, занимаемая одной молекулой азота, равна $0,16 \text{нм}^2$.

9.Ниже приведены результаты измерения адсорбции газообразного криптона (при 77,5К) на катализаторе:

$A \cdot 10^3$, м ³ /кг.....	1,27	1,5	1,76	1,9	1,98
P , Па.....	13,22	23,99	49,13	75,70	91,22.

Значения A для криптона даны при нормальных условиях. Определите константы уравнения БЭТ и удельную поверхность катализатора, принимая, что один атом криптона занимает площадь $0,195 \text{ нм}^2$, $P_s=342,6 \text{ Па}$, плотность криптона равна $3,74 \text{ кг/м}^3$

10.используя уравнение БЭТ, рассчитайте удельную поверхность адсорбента по изотерме адсорбции азота:

P/P_s	0,0288	0,050	0,110	0,136	0,175	0,200
A , моль/кг.....	2,16	2,39	2,86	3,02	3,22	3,33

Площадь занимаемая одной молекулой азота в адсорбционном слое 0,16 нм².

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература

1. Касаткин А. Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. М.: Химия, 1973. 784 с.
2. Павлов К. Ф., Романков П. Г., Носков А. А. Примеры и задачи по курсу ПАХТ. Л.: Химия, 1987. 575 с.
3. Романков П. Г., Фролов В. Ф., Флисюк О. М., Курочкина М. И. Методы расчета процессов и аппаратов химической технологии (примеры и задачи). Л.: Химия, 1993. 496 с.
4. Плановский А. Н., Николаев П. И. Процессы и аппараты химической и нефтехимической технологии. М.: Химия, 1987. 496 с.
5. Николаева Грам.И. Ханхунов Ю.Мтр. Ухеев Грам.Ж. и др. Массообменные процессы. ВСГТУ: 2005:238 с.

б) дополнительная литература

1. Никифоров И.А. Адсорбционные методы в экологии. Электронное издание.2011., 45с.
2. Альбом технологических схем процессов переработки нефти и газа. Под.ред Б.И. Бондаренко. М.: Химия. 1983 г.
3. Справочник нефтепереработчика: Справочник под ред. Г.А. Ластовкина, Е.Д. Радченко, М.Г. Рудина. Л.: Химия. 1986. 648с.

в) программное обеспечение и Интернет – ресурсы

1. Электронный конспект лекций
2. www.e-library.ru;
3. www.chemindustry.ru
4. www.mirnefti.ru;
5. www.neftekhimiya.ips.ac.ru;

9. Материально-техническое обеспечение дисциплины

1. Класс с персональными компьютерами для проведения практических занятий.
2. Химическая лаборатория кафедры.

Составитель:

Доцент кафедры «ХТНГ»

 /Э.У. Идрисова/

СОГЛАСОВАНО:

Зав. выпускающей каф. «ХТНГ»

 /Л.ИИ.Махмудова/

Директор ДУМР

 /Магомаева М.А./