

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ
ИНСТИТУТ ОБЩЕЙ И НЕОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ ИМ.Н.С.КУРНАКОВА
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

(ИОНХ РАН)

«УТВЕРЖДАЮ»
Директор ИОНХ РАН
чл.-корр. РАН В.К. Иванов
« » 2019 г.



Рабочая программа дисциплины
ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ ХИМИЧЕСКИХ
ТЕХНОЛОГИЙ

Направление подготовки
18.06.01 – ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

Направленность (профиль)
Процессы и аппараты химических технологий

Москва
2019 г.

1. Цели и задачи освоения дисциплины

Целями и задачами дисциплины «Процессы и аппараты химических технологий» являются: освоение общих фундаментальных закономерностей переноса импульса, энергии и вещества, методов теории подобия; обобщение множества существующих конструктивно-технологических решений и поиск новых путей совершенствования процессов и аппаратов.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО

Настоящая дисциплина «Процессы и аппараты химических технологий» входит в основную профессиональную образовательную программу высшего образования – программу подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре по направлению подготовки 18.06.01 – Химическая технология по специальности 05.17.08 – Процессы и аппараты химических технологий.

Дисциплина относится к Блоку 1 «Дисциплины (модули)» и входит в вариативную часть в качестве обязательной дисциплины. Освоение данной дисциплины направлено на подготовку к сдаче кандидатского экзамена по профилю подготовки аспиранта, а также для обеспечения успешной сдачи государственного экзамена, выполнения программы научных исследований согласно утвержденной теме диссертации и подготовки доклада по материалам исследований согласно учебному плану.

Для изучения дисциплины аспирант должен:

Знать:

- основные уравнения равновесия и движения газов и жидкостей;
- основы теории теплообмена;
- основы теории массообмена;

Уметь:

- определять характер движения жидкостей и газов, основные характеристики массообменных процессов, процессов теплопередачи;
- рассчитывать параметры и выбирать аппаратуру для конкретного химико-технологического процесса;

Владеть:

- методами определения оптимальных и рациональных технологических режимов работы оборудования.

3. Требования к результатам освоения дисциплины

В рамках данной дисциплины углубляются и развиваются следующие компетенции:

Универсальные компетенции:

- способность планировать и решать задачи собственного профессионального и личностного развития (УК-6).

Общепрофессиональные компетенции:

- способность и готовность к организации и проведению фундаментальных и прикладных научных исследований в области химических технологий (ОПК-1);
- владение культурой научного исследования в области химических технологий, в том числе с использованием новейших информационно-коммуникационных технологий (ОПК-2);
- способность и готовность к анализу, обобщению и публичному представлению результатов выполненных научных исследований (ОПК-3);
- способность и готовность к разработке новых методов исследования и их применение в самостоятельной научно-исследовательской деятельности в области химической технологии с учетом правил соблюдения авторских прав (ОПК-4);
- способность и готовность к использованию лабораторной и инструментальной базы для получения научных данных (ОПК-5).

Профессиональные компетенции:

- способность к самостоятельному проведению научно-исследовательской работы и получению научных результатов, удовлетворяющих установленным требованиям к содержанию диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук по специальности 05.17.08 Процессы и аппараты химических технологий (ПК-1).

4. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 15 зачетных единиц (540 часов).

Дисциплина изучается на втором году обучения в аспирантуре. Дисциплина состоит из 4 разделов.

4.1 Структура дисциплины

№ п/п	Наименование дисциплины	Объем учебной работы (в часах)						Вид итогового контроля	
		Всего	Всего аудит.	Из аудиторных					Сам. работа
				Лекц.	Лаб.	Прак	КСР.		
1.	Процессы и аппараты химических технологий	540	216	63	153	-	-	324	кандидатский экзамен по специальности

4.2 Содержание дисциплины

4.2.1 Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Раздел Дисциплины	Виды учебной работы, и трудоемкость (в часах)				Самостоятельная работа
		Лек.	Лаб.	Пр.	КСР	

1.	Гидромеханические процессы и аппараты	15	38	-	-	81
2.	Механические процессы	14	37	-	-	79
3.	Тепловые процессы и аппараты	17	39	-	-	82
4.	Массообменные процессы	17	39	-	-	82

4.2.2 Содержание разделов дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела (темы)	Форма проведения занятий
1.	Гидромеханические процессы и аппараты	<p>Теоретические основы гидромеханических процессов.</p> <p>Движение твердых частиц в сплошных средах. Анализ сил, действующих на твердую частицу в жидкости.</p> <p>Скорости свободного осаждения шарообразных частиц и частиц произвольной формы. Скорость стесненного осаждения. Расчет скорости осаждения твердых частиц в полях массовых сил различной физической природы.</p> <p>Гидродинамика неподвижных и псевдооживленных зернистых слоев.</p> <p>Гидродинамические основы расчета аппаратов химической технологии с зернистыми слоями.</p> <p>Движение капель и газовых пузырей при различных числах Re.</p> <p>Обтекание несферических капель. Капля в сдвиговом потоке. Стесненное обтекание капель. Дробление капель, коагуляция капель. Экспериментальные методы исследования гидромеханики одно- и многофазных сред в аппаратах химической технологии.</p> <p>Разделение неоднородных систем в поле силы тяжести.</p> <p>Разделение в поле центробежных (инерционных) сил.</p> <p>Перемешивание в жидких средах.</p> <p>Гидромеханические методы классификации твердых частиц.</p>	Лекции, лабораторные, самостоятельная работа аспиранта
2.	Механические процессы	<p>Общая характеристика механических процессов. Области их применения в химической технологии.</p> <p>Виды измельчения, методы измельчения, схемы организации процесса</p>	Лекции, лабораторные, самостоятельная работа аспиранта

		<p>измельчения. Поверхностная и объемная теории измельчения.</p> <p>Кинетика измельчения. Уравнение кинетики с одним, двумя параметрами, уравнение кинетики измельчения. Вероятностные подходы к расчету измельчения. Закономерности измельчения двухкомпонентных смесей. Расчет основных параметров машин для проведения процессов измельчения (числа оборотов, производительности, потребляемой мощности и т.д.).</p> <p>Пути повышения производительности и эффективности измельчения.</p> <p>Грохочение. Конструкции грохотов.</p>	
3.	Тепловые процессы и аппараты	<p>Теоретические основы теплообменных процессов.</p> <p>Математическая постановка и решение задачи о нестационарном переносе теплоты в твердых телах. Время прогрева твердого тела, уравнение конвективного переноса теплоты с источниками тепла.</p> <p>Начальные и граничные условия. Коэффициент теплоотдачи. Уравнение Фурье-Кирхгофа. Математическая постановка и решение задачи о переносе теплоты при вынужденном движении жидкостей (газов) в трубах.</p> <p>Математическая постановка и решение задачи о переносе теплоты при естественной конвекции.</p> <p>Теплообмен между жидкостью (газом) и поверхностью.</p> <p>Безразмерная форма уравнения переноса теплоты и оценки порядка его членов. Толщина теплового пограничного слоя.</p> <p>Представление решения уравнения переноса теплоты в критериальной форме. Некоторые эмпирические соотношения для расчета коэффициентов теплоотдачи при сохранении агрегатного состояния теплоносителя.</p> <p>Теплоотдача с изменением агрегатного состояния теплоносителя. Кипение жидкостей. Конденсация пара.</p> <p>Основы переноса теплоты излучением. Теплоотдача при одновременном действии механизмов конвекции и излучения.</p>	Лекции, лабораторные, самостоятельная работа аспиранта

		<p>Теплообмен между пленкой жидкости и газовым потоком. Теплообмен сплошных сред с дисперсными средами.</p> <p>Теплообмен между твердой частицей и обтекающим ее потоком жидкости (газа).</p> <p>Теплообмен в дисперсных средах газ-твердое тело: в стационарном, движущемся, псевдооживленном, фонтанирующем слоях.</p> <p>Теплообмен между дисперсной средой и твердой поверхностью.</p> <p>Методы интенсификации процессов теплоотдачи.</p> <p>Расчет основных и оптимальных режимов работы теплообменников при их проектировании; использование ЭВМ.</p>	
4.	Массообменные процессы	<p>Классификация массообменных процессов химической технологии, как методов разделения многокомпонентных систем. Роль массообменных процессов в решении задачи охраны окружающей среды.</p> <p>Общие сведения о процессе переноса массы. Основные понятия. Механизмы переноса.</p> <p>Общие уравнения переноса вещества в многофазных многокомпонентных средах, начальные и граничные условия. Замыкающие соотношения.</p> <p>Наложение замыкающих соотношений методами многокомпонентных сред, начальные и граничные условия.</p> <p>Замыкающие соотношения. Наложение замыкающих соотношений методами термодинамики необратимых процессов.</p> <p>Существующие подходы к описанию массообменных процессов в дисперсных системах, основанные на рассмотрении элементарных актов массообмена.</p> <p>Применение моделей структуры потоков при моделировании процессов переноса вещества в многофазных средах.</p> <p>Основные теории массообмена (теория диффузионного пограничного слоя, двухпленочная теория, теория обновления поверхности и т.д.).</p> <p>Инженерные методы расчета</p>	Лекции, лабораторные, самостоятельная работа аспиранта

		<p>массообменных процессов и аппаратов химической технологии.</p> <p>Расчет размеров массообменных аппаратов с непрерывным контактом фаз на основе коэффициентов массопередачи, высоты единицы переноса (ВЕП), высоты эквивалентной теоретической тарелки (ВЭТТ).</p> <p>Массообменные процессы с подвижной границей раздела фаз.</p> <p>Основные термодинамические соотношения, описывающие равновесное состояние фаз в многокомпонентных системах.</p> <p>Равновесие жидкость-пар в многокомпонентных и бинарных системах. Уравнение Ван-дер-Ваальса. Законы Коновалова и Вревского. Равновесие жидкость-пар идеальных смесей. Закон Рауля.</p> <p>Расчет равновесия неидеальных смесей в системе жидкость-пар. Константа фазового равновесия, летучесть, их связь с коэффициентами активности.</p> <p>Уравнение Вильсона, БВР и др.</p> <p>Равновесие в системах жидкость-газ. Закон Генри. Равновесие в многокомпонентных системах. Равновесие в системах с химическим взаимодействием.</p> <p>Равновесие в системах жидкость-жидкость.</p> <p>Коэффициент распределения, коэффициент селективности, их расчет по величинам коэффициентов активности.</p> <p>Массообменные процессы в системах газ (пар)-жидкость.</p> <p>Массообмен одиночного пузыря газа (пара) с окружающей жидкостью при малых числах Re.</p> <p>Массообмен радиально пульсирующего и растущего пузырей с окружающим потоком жидкости.</p> <p>Влияние ПАВ, поверхностного натяжения (конвекция Марангони), электромагнитного поля и т.д. на массообмен между одиночным пузырем и окружающей жидкостью. Массообмен между пузырем и жидкостью в стесненных условиях обтекания.</p> <p>Массообмен в пленках жидкости, в струях газа и жидкости.</p>	
--	--	--	--

	<p>Массообмен в двухфазных системах с химическим взаимодействием. Массообмен в элементе аппарата с насадкой, а также на тарелках при различных гидродинамических режимах. Экспериментальные методы исследования массообменных процессов в системах газ (пар)-жидкость.</p> <p>Основные типы контактных устройств массообменных аппаратов для систем газ (пар)-жидкость.</p>	
--	---	--

5. Образовательные технологии

Основными образовательными технологиями, используемыми при реализации учебной работы, являются лекции, семинары ведущих отечественных и зарубежных ученых и консультации с преподавателями; проведение лабораторных работ в лаборатории, участие обучаемых в научной работе и выполнение исследовательских проектов.

6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы аспирантов. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.

Самостоятельная работа аспирантов предполагает проработку лекционного материала в читальном зале библиотеки, в лабораториях, с доступом к лабораторному оборудованию, приборам, базам данных, к ресурсам Интернет. Кроме того, аспирантам предлагается конспектирование и проработка материала научных докладов на заседаниях Ученого Совета ИОНХ РАН, его секций, диссертационных советов по специальности, участие в работе научных конференций и школ, работа в библиотеке и на сайтах электронных изданий.

Форма контроля знаний – кандидатский экзамен в конце курса, включающий теоретические вопросы.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

При изучении дисциплины аспиранты используют основную и дополнительную литературу, рекомендованную преподавателем. Кроме того, преподаватель может рекомендовать аспиранту ознакомиться с дополнительными материалами методического характера.

Название электронного или печатного ресурса (основная или дополнительная)	Тип	Кол-во экз.
Основная литература:		
А.Т. Касаткин. Основные процессы и аппараты химической технологии.	печ.	2
Тимофеев В.С., Серафимов Л.А. Принципы технологии основного органического и нефтехимического синтеза. М.: «Высшая школа», 2003	печ.	1
Ульянов Б.А., Кулов Н.Н., Бадеников А.В. Процессы переноса в химической технологии. «Изд-во Ангарской государств.технич.академии» 2015г.-337с.	печ.	2
Дополнительная литература:		
Шервуд Т., Пигфорд Р., Уилки Ч. Массопередача. Пер. с англ. М.: «Химия»,	печ.	2

1982.-696 с.		
Кафаров В.В. Основы массопередачи. М.: «Высшая школа», 1979.	печ.	2
Кафаров В.В., Глебов М.Б. Математическое моделирование основных процессов химических производств. М.: «Высшаяшкола», 1991.	печ.	1
Розен А. М. Теория разделения изотопов в колоннах. М.: Атомиздат, 1960.	печ.	2
Лейтес И.Л., Сосна М.Х., Семенов В.П. Теория и практика химической энерготехнологии. М.: «Химия», 1988.	печ.	1
Левеншпиль О. Инженерное оформление химических процессов. Пер. с англ.- М: «Химия», 1969.-624с.	печ.	1
Рид Р., Праусниц Дж., Шервуд Т. Свойства газов и жидкостей. Справочное пособие. Пер. с англ.- 3-е изд. – Л.: «Химия», 1982.-592 с.	печ.	1

Интернет-ресурсы:

1. E-library – российская научная электронная библиотека в области науки, технологии, медицины и образования;
2. Web of Science – база данных для поиска научной информации в области естественных, общественных, гуманитарных наук и искусства;
3. Scopus - библиографическая и реферативная база данных и инструмент для отслеживания цитируемости статей, опубликованных в научных изданиях;
4. Springer – научные и научно-популярные журналы.

Программное обеспечение:

- СИСТЕМНЫЕ ПРОГРАММНЫЕ СРЕДСТВА: Microsoft Windows;
- ПРИКЛАДНЫЕ ПРОГРАММНЫЕ СРЕДСТВА: Microsoft Office, Mozilla FireFox.

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Институт общей и неорганической химии располагает материально-технической базой, соответствующей требованиям Федерального государственного образовательного стандарта по направлению подготовки 18.06.01 Химическая технология (уровень подготовки кадров высшей квалификации).

Аудитории для проведения занятий оснащены компьютерами и проекторами для показа мультимедийных презентаций. Компьютеры, объединенные в локальную сеть с выходом в Интернет и подключенные к международным и российским научным базам данных и электронной библиотеке с основными международными научными журналами.

Материально-техническая база соответствует действующим противопожарным правилам и нормам и обеспечивает проведение всех видов дисциплинарной и междисциплинарной подготовки, практической и научно-исследовательской работы аспирантов.

Программа составлена в соответствии с требованиями следующих нормативных документов:

1. Федеральный закон «Об образовании в Российской Федерации» от 29.12.2012 г. № 273-ФЗ;

2. Приказ Минобрнауки России от 30 июля 2014 г. № 883 «Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 18.06.01 – Химическая технология (уровень подготовки кадров высшей квалификации)»;

3. Приказ Министерства образования и науки РФ от 19.11.2013 №1259 «Об утверждении Порядка организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре)».

Автор(ы) программы:

Зам.директора ИОНХ РАН
д.т.н.



А.А.Вошкин

Зав.НОЦ-зав.аспирантурой

А.Н.Терехова