

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Пекаревский Борис Владимирович
Должность: Проректор по учебной и методической работе
Дата подписания: 01.11.2023 16:48:03
Уникальный программный ключ:
3b89716a1076b80b2c167df0f27c09d01782ba84



МИНОБРНАУКИ РОССИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Санкт-Петербургский государственный технологический институт
(технический университет)»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной
и методической работе
_____ Б.В.Пекаревский
«__18__» __марта__ 2019 г.

Рабочая программа дисциплины
МИКРО - И НАНОРЕАКТОРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Направление подготовки

04.03.01 Химия

Направленность программы бакалавриата
Физическая химия и химия материалов

Квалификация

Бакалавр

Форма обучения

Очная

Факультет **механический**

Кафедра **оптимизации химической и биотехнологической аппаратуры**

Санкт-Петербург

2019

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Должность	Подпись	Ученое звание, фамилия, инициалы
Заведующий кафедрой		профессор Абиев Р.Ш.

Рабочая программа дисциплины «Микро- и нанореакторные технологии» обсуждена на заседании кафедры оптимизации химической и биотехнологической аппаратуры протокол от «_05_» __02__2019 №_8_
Заведующий кафедрой

Р.Ш. Абиев

Одобрено учебно-методической комиссией механического факультета протокол от «_13_» марта 2019 №_9_

Председатель

А.Н. Луцко

СОГЛАСОВАНО

Руководитель направления подготовки «Химия»		С.Г. Изотова
Директор библиотеки		Т.Н. Старостенко
Начальник методического отдела учебно-методического управления		Т.И. Богданова
Начальник учебно-методического управления		С.Н. Денисенко

СОДЕРЖАНИЕ

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.....	4
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы.....	5
3. Объем дисциплины.....	5
4. Содержание дисциплины.....	6
4.1. Разделы дисциплины и виды занятий.....	6
4.2. Занятия лекционного типа.....	6
4.3. Занятия семинарского типа.....	7
4.3.1. Семинары, практические занятия.....	7
4.3.2. Занятия лабораторного типа.....	8
4.4. Самостоятельная работа обучающихся.....	8
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине.....	9
6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации.....	9
7. Перечень учебных изданий, необходимых для освоения дисциплины.....	10
8. Перечень электронных образовательных ресурсов, необходимых для освоения дисциплины.....	10
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.....	11
10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.....	11
10.1. Информационные технологии.....	11
10.2. Программное обеспечение.....	11
10.3. Базы данных и информационные справочные системы.....	11
11. Материально-техническое обеспечение освоения дисциплины в ходе реализации образовательной программы.....	11
12. Особенности освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья.....	12

Приложения: 1. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации.

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.

В результате для освоения образовательной программы бакалавриата обучающийся должен овладеть следующими результатами обучения по дисциплине:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения (дескрипторы)
ПК-6 Способен использовать основные закономерности химической науки и фундаментальные химические понятия при решении конкретных производственных задач	ПК-6.В.13.1 Расчет материальных и энергетических потоков, основных гидромеханических, тепло- и массообменных характеристик микромасштабных реакторов.	Знать: фундаментальные химические понятия в области микромасштабных процессов и аппаратов (ЗН-2); Уметь: рассчитывать материальные и энергетические потоки, основные параметры микроаппаратов (У-2); Владеть: методами оценки основных технологических параметров микроаппаратов (Н-2);.

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы.

Дисциплина относится к дисциплинам части, формируемой участниками образовательных отношений, Блока 1 «Дисциплины» образовательной программы бакалавриата (Б1.В.13) и изучается на 4 курсе в 7 семестре.

В методическом плане дисциплина опирается на элементы компетенций, сформированные при изучении дисциплин «Основы научных исследований», «Общая химическая технология» и «Химические реакторы. Полученные в процессе изучения дисциплины «Микро- и нанореакторные технологии» знания, умения и навыки могут быть использованы при выполнении научно-исследовательской работы, при прохождении производственной практики, а также при выполнении выпускной квалификационной работы

3. Объем дисциплины.

Вид учебной работы	Всего, ЗЕ/академ. часов
Общая трудоемкость дисциплины (зачетных единиц/ академических часов)	3/108
Контактная работа с преподавателем:	72
занятия лекционного типа	18
занятия семинарского типа, в т.ч.	36
семинары, практические занятия	18
лабораторные работы	18
курсовое проектирование (КР или КП)	-
КСР	18
другие виды контактной работы	-
Самостоятельная работа	36
Форма текущего контроля (Кр, реферат, РГР, эссе)	Кр
Форма промежуточной аттестации (КР, КП, зачет, экзамен)	Зачет

4. Содержание дисциплины.

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий.

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Занятия лекционного типа, акад. часы	Занятия семинарского типа, акад. часы		Самостоятельная работа, акад. часы	Формируемые компетенции	Формируемые индикаторы
			Семинары и/или практические занятия	Лабораторные работы			
1.	Общие сведения о микроструктурированных аппаратах. Гидромеханические процессы в микро- и нанореакторах.	10	10	12	12	ПК-6	ПК-6.В.13.1
2.	Основы теплопереноса в микро- и нанореакторах.	4	4	3	12	ПК-6	ПК-6.В.13.1
3.	Основы массопереноса в микро- и нанореакторах.	4	4	3	12	ПК-6	ПК-6.В.13.1

4.2. Занятия лекционного типа.

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
1	<u>Общие сведения о микроструктурированных аппаратах. Гидромеханические процессы в микро- и нанореакторах.</u> Общие сведения о микроструктурированных аппаратах. Классификация и устройство, микроаппаратов, области их применения. Уравнение Стокса для идеальной жидкости. Уравнение Навье-Стокса. Уравнение Бернулли. Гидродинамика двухфазных течений в микроканалах. Тейлоровский режим течения. Скорость пузырей. Толщина пленки. Истинное и расходное газосодержание. Условия возникновения циркуляционного течения. Потери давления по длине микроканала. Влияние явлений смачивания на поведение двухфазной системы в микроканалах. Особенности формы пузырей. Особенности гидродинамики в наноканалах.	10	лекция-визуализация

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
2	<u>Основы теплопереноса в микро- и нанореакторах.</u> Теплопроводность. Удельные тепловые потоки. Уравнение Фурье. Уравнение Фурье-Кирхгофа. Уравнение нестационарной теплопроводности. Коэффициент теплопроводности. Конвективный теплоперенос. Теплопередача и теплообмен. Особенности теплообмена в микроканалах. Интенсификация теплообмена за счет вихрей Тейлора и Дина. Конструкции микротеплообменников.	4	лекция-визуализация
3	<u>Основы массопереноса в микро- и нанореакторах.</u> Классификация массообменных процессов. Виды массопереноса. Уравнение Фика. Диффузионный и конвективный механизмы переноса. Уравнение массопередачи. Процессы абсорбции, жидкостной экстракции, растворения и выщелачивания. Интенсификация массообмена за счет вихрей Тейлора и Дина. Особенности массопереноса в микроканалах, обусловленные вихрями Тейлора. Конструкции микрореакторов.	4	лекция-визуализация

4.3. Занятия семинарского типа.

4.3.1. Семинары, практические занятия.

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
1	<u>Гидромеханические процессы в микро- и нанореакторах.</u> Уравнение Навье-Стокса и некоторые точные решения.	2	МК
1	<u>Гидромеханические процессы в микро- и нанореакторах.</u> Расчет параметров тейлоровского течения для системы газ-жидкость в микроканалах. Осесимметричная модель двухфазного течения.	2	МК
1	<u>Гидромеханические процессы в микро- и нанореакторах.</u> Скорость пузырей. Толщина пленки. Истинное и расходное газосодержание. Условия возникновения циркуляционного течения. Потери давления по длине микроканала при двухфазном течении. Анализ вклада различных физических факторов в потери давления. Геометрические характеристики трехслойной модели	6	МК, КтСм
2	<u>Основы теплопереноса в микро- и нанореакторах.</u> Теплопроводность. Удельные тепловые потоки. Уравнение Фурье. Расчет распределения температуры в стационарных задачах теплопроводности. Конвективный теплоперенос. Теплопередача и теплообмен.	2	МК

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Иновационная форма
2	<u>Основы теплопереноса в микро- и нанореакторах.</u> Коэффициент теплоотдачи и число Нуссельта. Коэффициент теплопередачи. Критический тепловой поток. Модель теплопереноса в газожидкостном микротеплообменнике и в микромасштабной тепловой трубке.	2	МК
3	<u>Основы массопереноса в микро- и нанореакторах.</u> Уравнение Фика. Расчет коэффициентов массопереноса в газожидкостных аппаратах. Расчет характеристик перемешивания в микрореакторе со сталкивающимися струями.	2	МК
3	<u>Основы массопереноса в микро- и нанореакторах.</u> Трехслойная модель массопереноса в газожидкостном микрореакторе. Эффект интенсификации массопереноса за счет тейлоровских вихрей.	2	МК

4.3.2. Занятия лабораторного типа.

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Примечание
1	<u>Гидромеханические процессы в микро- и нанореакторах.</u> Определение гидравлических потерь по длине цилиндрического микроканала с одно- и двухфазным потоком.	3	
1	<u>Гидромеханические процессы в микро- и нанореакторах.</u> Определение оптимальных характеристик микрореактора со сталкивающимися струями	3	
1	<u>Гидромеханические процессы в микро- и нанореакторах.</u> Моделирование двухфазного течения в микрореакторе в широком диапазоне капиллярных чисел.	6	Компьютерная модель
2	<u>Основы теплопереноса в микро- и нанореакторах.</u> Моделирование теплоотдачи в двухфазной тепловой трубке.	3	Компьютерная модель
3	<u>Основы массопереноса в микро- и нанореакторах</u> Определение коэффициента массоотдачи от жидкости к стенке микроканала для газожидкостной смеси.	3	Компьютерная модель

4.4. Самостоятельная работа обучающихся.

№ раздела дисциплины	Перечень вопросов для самостоятельного изучения	Объем, акад. часы	Форма контроля

№ раздела дисциплины	Перечень вопросов для самостоятельного изучения	Объем, акад. часы	Форма контроля
1	Принципы организации микроперемешивания. Конструкции микросмесителей.	6	Устный опрос
1	Особенности течения жидкости в наноканалах. Проскальзывание частиц жидкости у стенки. Плотность слоя жидкости около стенки углеродной нанотрубки. Эффективная вязкость жидкости в нанотрубке.	6	Устный опрос
2	Стационарный кондуктивный теплоперенос через плоские, цилиндрические и сферические стенки. Регулярный режим теплообмена тела с окружающей средой.	6	Устный опрос
2	Теплоперенос при кипении жидкости. Теплоперенос при конденсации пара.	6	Устный опрос
3	Физико-химические основы процессов экстракции. Микроэкстракторы и основы методики их расчета.	6	Устный опрос
3	Фазовое равновесие в системе газ-жидкость. Основы расчета микрореакторов для гидрирования. Типы газожидкостных микрореакторов. Струйные микрореакторы.	6	Устный опрос

5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине.

Методические указания для обучающихся по организации самостоятельной работы по дисциплине, включая перечень тем самостоятельной работы, формы текущего контроля по дисциплине и требования к их выполнению размещены в электронной информационно-образовательной среде СПбГТИ(ТУ) на сайте:

<http://media.technolog.edu.ru>

6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в форме зачета.

Зачет предусматривают выборочную проверку освоения предусмотренных элементов компетенций и комплектуются вопросами (заданиями) двух видов: теоретический вопрос (для проверки знаний) и комплексная задача (для проверки умений и навыков).

При сдаче **зачета**, студент получает три вопроса из перечня вопросов, время подготовки студента к устному ответу - до 30 мин.

Пример варианта вопросов на зачете:

Вариант № 1

1. Рассчитать геометрию трехслойной модели в жидкостном снаряде в микроканале при тейлоровском режиме течения при известных свойствах сред, длине и скорости жидкостного снаряда.
2. Конструкции микротеплообменников.
3. Принципы организации микроперемешивания.

Задача

Результаты освоения дисциплины считаются достигнутыми, если для всех элементов компетенций достигнут пороговый уровень освоения компетенции на данном этапе – «зачёт».

7. Перечень учебных изданий, необходимых для освоения дисциплины.

а) печатные издания:

1. Процессы и аппараты химической технологии. Общий курс : В двух книгах : учебник для вузов по химико-технологическим направлениям и спец. / [В. Г. Айнштейн и др.] ; Под ред. В. Г. Айнштейна. - 5-е изд. (электронное). - Электрон. текстовые дан. - М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2014. - 1758 с.

2. Процессы и аппараты химической технологии : в 2-х кн. : учебник для химико-технологических специальностей вузов / Ю. И. Дытнерский. - Стер. изд. - [3-е изд.]. - М. : Альянс, 2015. Ч. 1: Теоретические основы процессов химической технологии. Гидромеханические и тепловые процессы и аппараты. - 2015. - 400 с.

3. Процессы и аппараты химической технологии : в 2-х кн. : учебник для химико-технологических специальностей вузов / Ю. И. Дытнерский. - Стер. изд. - [3-е изд.]. - М. : Альянс, 2015. Ч. 2: Массообменные процессы и аппараты. - 2015. - 368 с. : ил. - Библиогр.: с. 357-358.

4. Массообменные процессы химической технологии : Учебное пособие для вузов / П. Г. Романков, В. Ф. Фролов, О. М. Флисюк; под ред. В. Ф. Фролова. - СПб. : Химиздат, 2011. - 438 с.

5. Машины и аппараты для процессов тепло- и массопереноса : учебное пособие / Р. Ш. Абиев, В. А. Некрасов, В. Н. Соколов ; СПбГТИ(ТУ). Каф. оптимизации хим. и биотехнол. аппаратуры. - СПб. : [б. и.], 2015 - Ч. 1 : Теплообменные аппараты. Примеры и задачи. - 2015. - 96 с.

6. Расчет теплообменных аппаратов : методические указания по курсовому проектированию / О. П. Банных, Е. И. Борисова, О. В. Муратов ; СПбГТИ(ТУ). Каф. процессов и аппаратов. - Электрон. текстовые дан. - СПб. : [б. и.], 2014. - 56 с.

7. Химические реакторы и печи : учебное пособие / В. Н. Соколов [и др.] ; СПбГТИ(ТУ). Каф. оптимизации хим. и биотехнол. аппаратуры. - 2-е изд., перераб. и доп. - СПб. : [б. и.], 2014. - 94 с.

б) электронные учебные издания:

1. Абиев Р. Ш., Некрасов В. А. Теплогазоснабжение с основами теплотехники. Часть 1. Теплообмен. Примеры и задачи : учебное пособие. СПб: СПбГТИ(ТУ), 2016. 71 с. (ЭБС)

2. Абиев Р. Ш., Некрасов В. А. Теплогазоснабжение с основами теплотехники. Часть 2. Теплообмен. Примеры и задачи : учебное пособие. СПб: СПбГТИ(ТУ), 2016. 71 с. (ЭБС)

3. Чесноков Ю. Г. Лекции по теплофизике : учебное пособие. СПб: СПбГТИ(ТУ), 2016. 133 с. (ЭБС)

4. Муратов О. В. Mathcad в расчетах абсорбционных аппаратов : учебное пособие. СПб: СПбГТИ(ТУ), 2019. 79 с. (ЭБС)

5. Веригин А. Н., Незамаев Н. А., Ратасеп М. А. Теплообменные аппараты : учебное пособие. СПб: СПбГТИ(ТУ), 2019. 153 с. (ЭБС)

8. Перечень электронных образовательных ресурсов, необходимых для освоения дисциплины.

Учебный план, РПД и учебно-методические материалы: <http://media.technolog.edu.ru>

Правила работы в химических лабораториях. Техника безопасности

<http://www.himikatus.ru/art/chemop/sod.php>

http://anl.az/el_ru/kniqi/2013/2-815097.pdf

http://socar.az/1/Eijkl_62-66-.pdf

<http://hpc-nasis.ifmo.ru/learnmodul/4/5/>

электронно-библиотечные системы:

«Электронный читальный зал – БиблиоТех» <https://technolog.bibliotech.ru/>;

«Лань (Профессия)» <https://e.lanbook.com/books/>.

9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.

Все виды занятий по дисциплине «Микро- и нанореакторные технологии» проводятся в соответствии с требованиями следующих СТП:

СТП СПбГТИ 040-02. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Лекция. Общие требования;

СТО СПбГТИ 018-2014. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Семинары и практические занятия. Общие требования к организации и проведению.

СТП СПбГТИ 048-2009. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Самостоятельная планируемая работа студентов. Общие требования к организации и проведению.

СТО СПбГТИ 020-2011. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Лабораторные занятия. Общие требования к организации и проведению.

Планирование времени, необходимого на изучение данной дисциплины, лучше всего осуществлять на весь семестр, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала.

Основными условиями правильной организации учебного процесса для студентов является:

плановость в организации учебной работы;

серьезное отношение к изучению материала;

постоянный самоконтроль.

На занятия студент должен приходить, имея знания по уже изученному материалу.

10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

10.1. Информационные технологии.

В учебном процессе по данной дисциплине предусмотрено использование информационных технологий:

чтение лекций с использованием слайд-презентаций;

взаимодействие с обучающимися посредством ЭИОС.

10.2. Программное обеспечение.

Microsoft Office (Microsoft Excel): Office 2007 Russian OLP NL AE (Государственный контракт № 24 от 14.09.2007, срок действия – бессрочно), Office Std 2013 Rus OLP NL (Контракт № 02(03)15 от 15.01.2015, срок действия -20 лет),

LibreOffice (открытая лицензия),

MathCAD

10.3. Базы данных и информационные справочные системы.

Справочно-поисковая система «Консультант-Плюс»

11. Материально-техническое обеспечение освоения дисциплины в ходе реализации образовательной программы.

Для ведения лекционных и практических занятий используется аудитория, оборудованная средствами оргтехники, на 16 посадочных мест (по 2 студента на один компьютер).

Для проведения лабораторных занятий используются лаборатории гидравлики и механики неоднородных сред каф. ОХБА.

12. Особенности освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья.

Для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями учебные процесс осуществляется в соответствии с Положением об организации учебного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья СПбГТИ(ТУ), утвержденным ректором 28.08.2014.

**Фонд оценочных средств
для проведения промежуточной аттестации по
дисциплине «Микро- и нанореакторные технологии»**

1. Перечень компетенций и этапов их формирования.

Индекс компетенции	Содержание	Этап формирования
ПК-6	Способность использовать основные закономерности химической науки и фундаментальные химические понятия при решении конкретных производственных задач	промежуточный

2. Показатели и критерии оценивания компетенций на различных этапах их формирования, шкала оценивания

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Показатели сформированности (дескрипторы)	Критерий оценивания	Уровни сформированности (описание выраженности дескрипторов)
			«зачтено»
ПК-6.В.13.1 Расчет материальных и энергетических потоков, основных гидромеханических, тепло- и массообменных характеристик микромасштабных реакторов.	Знает: фундаментальные химические понятия в области микромасштабных процессов и аппаратов (ЗН-2)	Ответы на вопросы № 1-24 к зачету	Способен самостоятельно описать принципы действия микрореакторного оборудования, легко ориентируется в терминах.
	Умеет: рассчитывать материальные и энергетические потоки, основные параметры микроаппаратов (У-2)	Ответы на вопросы № 25-30 к зачету	Способен самостоятельно сформулировать задачи расчета микромасштабных реакторов.
	Владеет: методами оценки основных технологических параметров микроаппаратов (Н-2)	Ответы на вопросы № 31-35 к зачету	Самостоятельно выполняет оценку основных технологических параметров микроаппаратов

Шкала оценивания соответствует СТО СПбГТИ(ТУ):

По дисциплине промежуточная аттестация проводится в форме зачета, шкала оценивания – бинарная («зачтено», «не зачтено»).

3. Типовые контрольные задания для проведения промежуточной аттестации
а) Вопросы для оценки знаний, умений и навыков, сформированных у студента по компетенции ПК-6:

1. Основные закономерности гидромеханических процессов: Уравнение Эйлера. Закон Архимеда.
2. Основные закономерности гидромеханических процессов: Уравнение Навье-Стокса и некоторые точные решения.
3. Основные закономерности гидромеханических процессов: Уравнение Бернулли.
4. Гидродинамика двухфазных течений в микроканалах. Тейлоровский режим течения.
5. Потери давления по длине микроканала при тейлоровском режиме течения.
6. Особенности гидродинамики в наноканалах.
7. Основы теплопереноса. Теплопроводность.
8. Удельные тепловые потоки.
9. Уравнение Фурье.
10. Уравнение Фурье-Кирхгофа.
11. Коэффициент теплопроводности.
12. Конвективный теплоперенос.
13. Теплопередача и теплообмен.
14. Особенности теплообмена в микроканалах.
15. Интенсификация теплообмена за счет вихрей Тейлора и Дина.
16. Осциллирующие тепловые трубки.
17. Классификация массообменных процессов.
18. Виды массопереноса.
19. Уравнение Фика.
20. Диффузионный и конвективный механизмы переноса.
21. Уравнение массопередачи.
22. Процессы абсорбции.
23. Процессы жидкостной экстракции.
24. Процессы растворения и выщелачивания.
25. Интенсификация массообмена за счет вихрей Тейлора и Дина.
26. Расчет гидравлических потерь по длине цилиндрического канала.
27. Расчет гидравлических потерь в канале кольцевой формы и в змеевике.
28. Расчет массопереноса на примере газожидкостного микрореактора.
29. Расчет теплопереноса в микротеплообменниках.
30. Расчет массопереноса в каталитическом микрореакторе гидрирования.
31. Конструкции микросмесителей.
32. Конструкции микродиспергаторов
33. Конструкции микротеплообменников. Интенсификация теплообмена в микротеплообменниках с однофазными потоками.
34. Конструкции микрореакторов.
35. Струйные микрореакторы.

При сдаче экзамена, студент получает три вопроса из перечня, приведенного выше. Время подготовки студента к устному ответу на вопросы - до 30 мин.

5. Методические материалы для определения процедур оценивания знаний, умений и навыков, характеризующих этапы формирования компетенций.

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в соответствии с требованиями СТП СТО СПбГТИ(ТУ) 016-2015. КС УКВД Порядок проведения зачетов и экзаменов.