

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Пекаревский Борис Владимирович
Должность: Проректор по учебной и методической работе
Дата подписания: 02.07.2024 13:34:18
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
«22» апреля 2021 г.

Рабочая программа дисциплины
СОРБИРУЮЩИЕ МАТЕРИАЛЫ И СОРБЦИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ

Направление подготовки

**18.04.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии,
нефтехимии и биотехнологии**

Направленности программы магистратуры

Ресурсосберегающие и энергоэффективные промышленные процессы и технологии
Водоочистка в химической, нефтехимической и биотехнологии

Квалификация

Магистр

Форма обучения

Очная

Факультет **химической и биотехнологии**

Кафедра **химии и технологии материалов и изделий сорбционной техники**

Санкт-Петербург

2021

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Должность разработчика	Подпись	Ученое звание, фамилия, инициалы
доцент		доцент Григорьева Л.В.

Рабочая программа дисциплины «Сорбирующие материалы и сорбционные процессы» обсуждена на заседании кафедры химии и технологии материалов и изделий сорбционной техники

протокол от « 12 » 04 2021 № 6

Заведующий кафедрой

В.В. Самонин

Одобрено учебно-методической комиссией факультета химической и биотехнологии

протокол от « 20 » 04 2021 № 9

Председатель

М.В. Рутто

СОГЛАСОВАНО

Руководитель направления подготовки «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии»		Д.А.Смирнова
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	04
2. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы.....	05
3. Объем дисциплины	05
4. Содержание дисциплины	
4.1. Разделы дисциплины и виды занятий.....	06
4.2. Занятия лекционного типа.....	06
4.3. Занятия семинарского типа.....	09
4.3.1. Семинары, практические занятия	09
4.3.2. Лабораторные занятия.....	09
4.4. Самостоятельная работа.....	09
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине	10
6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации.....	10
7. Перечень учебных изданий, необходимых для освоения дисциплины	11
8. Перечень электронных образовательных ресурсов, необходимых для освоения дисциплины.....	12
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.....	12
10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине	
10.1. Информационные технологии.....	12
10.2. Программное обеспечение.....	12
10.3. Базы данных и информационные справочные системы.....	13
11. Материально-техническое обеспечение освоения дисциплины в ходе реализации образовательной программы	13
12. Особенности освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья	13

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 освоения образовательной программы магистратуры обучающийся должен овладеть следующими результатами обучения по дисциплине:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения (дескрипторы)
<p>ОПК-2 Способен использовать современные приборы и методики, организовывать проведение экспериментов и испытаний, проводить их обработку и анализировать их результаты</p>	<p>ОПК-2.1 Знание основных методов определения параметров сорбирующих материалов, анализ результатов на соответствие требованиям стандартов</p>	<p>знать основные методы определения параметров сорбирующих материалов (ЗН-1) уметь анализировать результаты на соответствие требованиям стандартов (У-1) владеть основными методами определения параметров сорбирующих материалов (Н-1)</p>
	<p>ОПК-2.2 Планирование и проведение эксперимента с обработкой полученных результатов в соответствии с основами физико-химических процессов сорбции</p>	<p>знать основы физико-химических процессов сорбции (ЗН-2) уметь обрабатывать полученные результаты в соответствии с основами физико-химических процессов сорбции (У-2) владеть навыками планирования и проведения эксперимента (Н-2)</p>
	<p>ОПК-2.3 Знание основных приборов и методик при проведении сорбционных процессов</p>	<p>знать основные приборы, знать основные методики проведения сорбционных процессов (ЗН-3) уметь выбирать методику проведения сорбционного процесса (У-3) использовать современные приборы и методики при проведении сорбционных процессов (Н-3)</p>

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы.

Дисциплина «Сорбирующие материалы и сорбционные процессы» относится к обязательной части Блока 1 «Дисциплины» образовательной программы магистратуры (Б1.О.04).

Изучается на первом курсе, в первом семестре.

В методическом плане дисциплина опирается на элементы компетенций, сформированные при изучении общеинженерных дисциплин, таких как «Физика», «Математика», «Общая и неорганическая химия», «Органическая химия», «Физическая химия», «Общая химическая технология», «Коллоидная химия». Полученные в процессе изучения дисциплины знания, умения и навыки могут быть использованы при дальнейшем обучении, прохождении учебной и 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)	5/ 180
Контактная работа с преподавателем:	108
занятия лекционного типа	32
занятия семинарского типа, в т.ч.	64
семинары, практические занятия (в том числе практическая подготовка)	-
лабораторные работы (в том числе практическая подготовка)	64
курсовое проектирование (КР или КП)	-
КСР	12
другие виды контактной работы	-
Самостоятельная работа	45
Форма текущего контроля (Кр, реферат, РГР, эссе)	-
Форма промежуточной аттестации (КР, КП, зачет, экзамен)	Экзамен/27

4. Содержание дисциплины.

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий.

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Занятия лекционного типа, академ. часы	Занятия семинарского типа, академ. часы		Самостоятельная работа, академ. часы	Формируемые компетенции	Формируемые индикаторы
			Семинары и/или практические занятия	Лабораторные работы			
1	Сорбция и сорбционные процессы. Теоретические закономерности. Понятие, виды и механизм сорбции, параметры пористой структуры, классификация сорбентов. Основные теории сорбции. Теория объемного заполнения микропор. Теория капиллярной конденсации. Явление гистерезиса. Кинетика сорбции-десорбции. Динамика сорбции.	18	-	-	15	ОПК-2	ОПК-2.1 ОПК-2.2
2	Сорбирующие материалы и изделия. Их строение и свойства. Активные угли, цеолиты, силикагели, активный оксид алюминия, ионообменные смолы. Композиционные сорбирующие материалы и изделия.	8	-	-	15	ОПК-2	ОПК-2.1
3	Основные области применения сорбирующих материалов: нефтехимия, химическая технология, водоподготовка и водоочистка.	6	-	64	15	ОПК-2	ОПК-2.3

4.2. Занятия лекционного типа.

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, академ. часы	Инновационная форма
1	Сорбционные явления. Основные закономерности сорбционных процессов и характеристики сорбентов. Понятие, виды и механизм сорбции, параметры пористой структуры, классификация сорбентов. Явление сорбции. Виды сорбционных явлений (физическая адсорбция, абсорбция, капиллярная конденсация, химическая	6	

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
	<p>адсорбция, хемосорбция, активированная сорбция). Природа адсорбционных сил. Классификация сорбентов по природе происхождения, структуре и т.д. Пористая структура адсорбентов, ее основные характеристики. Основные параметры пористой структуры (ПС). Уравнения изотермы адсорбции (ИА). Основные характеристики сорбирующих материалов. Истинная, пикнометрическая, кажущаяся, насыпная плотности сорбента. Интегральная и дифференциальная теплоты сорбции. Явление избирательности адсорбции. Коэффициенты разделения. Влияние различных факторов на избирательность адсорбции. Вид ИА для многокомпонентной адсорбции. Особенности сорбции из жидких сред.</p>		
1	<p>Теории сорбции. Теория адсорбции Лэнгмюра. Предпосылки. Уравнение. Анализ уравнения. Достоинства и недостатки теории. Потенциальная теория адсорбции (Поляни-Лондона). Предпосылки. Адсорбционный потенциал. Характеристическая кривая. Ее инвариантность. Уравнение. Анализ уравнения. Достоинства и недостатки теории. Теория адсорбции БЭТ (Брунауэра-Эммета-Тейлора). Положения теории. Анализ уравнения БЭТ. Достоинства и недостатки теории. Теория объемного заполнения микропор (ТОЗМи). Уравнение ИА Дубинина-Радушкевича. Уравнение ИА Дубинина-Астахова. Анализ констант уравнения. Ранг уравнения адсорбции. Характеристическая энергия адсорбции. Термический коэффициент предельной адсорбции. Уравнение ИА для другого пара и температуры. Структурная константа. Коэффициент подобия. Теория капиллярной конденсации. Уравнение Лапласа. Уравнение Томсона-Кельвина. Явление гистерезиса. Использование десорбционной ветви ИА. Построение интегральной и дифференциальной структурной кривой. Исправленная структурная кривая.</p>	6	ЛПК
1	<p>Кинетика сорбции-десорбции. Предмет изучения кинетики адсорбции. Методическое оформление эксперимента. Кинетическая кривая. Анализ кинетической кривой. Факторы, влияющие на скорость</p>	2	

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
	поглощения. Стадии процесса адсорбции. Лимитирующая стадия. Внутри- и внешнедиффузионная области протекания адсорбции. Виды внутреннего массопереноса. Эффективный коэффициент диффузии. Влияние формы гранулы на кинетику адсорбции.		
1	Динамика сорбции. Предмет изучения динамики адсорбции. Механизм формирования фронта адсорбции. Работающий слой. Кривая распределения концентраций. Две стадии отработки сорбционного слоя. Режим параллельного переноса. Скорость движения фронта адсорбции. Время защитного действия слоя. Выходная кривая. Коэффициент симметричности выходной кривой. Динамическая адсорбционная способность слоя. Степень использования сорбционной емкости слоя. Зависимость Н.Шилова. Коэффициент защитного действия. Потеря времени защитного действия. Условия осуществления режима параллельного переноса. Факторы, влияющие на высоту работающего слоя. Динамика адсорбции бинарной смеси. Схема распределения концентраций компонентов в элементарном слое. Коэффициент вытеснения. Скорость движения фронта адсорбции первого и второго компонентов смеси. Коэффициент селективности. Динамика адсорбции многокомпонентной смеси.	4	
2	Сорбирующие материалы и изделия. Их строение и свойства. Активные угли, цеолиты, силикагели, активный оксид алюминия, ионообменные смолы. Характеристики пористой структуры. Химия поверхности. Требования нормирующих документов. Свойства. Основные области применения.	4	ЛПК
2	Сорбирующие материалы и изделия. Их строение и свойства. Композиционные сорбирующие материалы и изделия. Классификация. Особенности получения. Основные характеристики и свойства. Области применения.	4	
3	Основные области применения сорбирующих материалов: нефтехимия, химическая технология, водоподготовка и водоочистка.	6	ЛПК

4.3. Занятия семинарского типа.

4.3.1. Семинары, практические занятия.

Учебным планом не предусмотрены.

4.3.2. Лабораторные работы

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы		Примечание
		всего	в том числе на практическую подготовку*	
3	Очистка сточных вод от органических красителей	12	-	
3	Определение динамической активности ионитов по ионам металлов из водных сред.	12	-	
3	Определение технических характеристик фильтрующих материалов (фракционный состав, эквивалентный диаметр, плотность, порозность)	12	-	
3	Определение химической стойкости фильтрующих материалов	12	-	
3	Изучение процесса рекуперации органических веществ активными углями	16	-	

4.4. Самостоятельная работа обучающихся.

№ раздела дисциплины	Перечень вопросов для самостоятельного изучения	Объем, акад. часы	Форма контроля
1	Сорбционные явления. Основные закономерности сорбционных процессов. Классификация структурных типов углеродных материалов. Вид ИА, уравнение ИА, вид ИА в логарифмических координатах для углеродных материалов I, II, III структурного типа. Влияние исходного материала на тип ПС углеродных адсорбентов.	3	Устный опрос
1	Теории адсорбции. Адсорбция паров в предкритической области. Исправленные значения плотности сорбата и его молярного объема. Вид уравнения Дубинина-Радушкевича для паров. Адсорбция газов. Уравнение Берени. Уравнение Дубинина-Радушкевича для газов.	3	Устный опрос
1	Закономерности процессов сорбции в	5	Устный опрос

№ раздела дисциплины	Перечень вопросов для самостоятельного изучения	Объем, акад. часы	Форма контроля
	условиях проточного реактора. Виды десорбции. Стадии процесса десорбции. Лимитирующая стадия. Кинетическая десорбционная кривая. Уравнение кинетики десорбции. Особенности десорбции в потоке газа. Факторы, влияющие на выбор температурного режима десорбции. Пороговая температура десорбции. Температура быстрой десорбции. Выходная кривая десорбции.		
1	Особенности сорбции из жидких сред. Сорбция смесей. Пористая структура адсорбентов и ее влияние на избирательность адсорбции органических и неорганических веществ из водных растворов.	4	Устный опрос
2	Сорбирующие материалы и изделия. Их строение и свойства. Активные угли, цеолиты, силикагели, активный оксид алюминия, ионообменные смолы: особенности пористой структуры и химии поверхности, свойства. Области применения.	15	Устный опрос
3	Основные области применения сорбирующих материалов: нефтехимия, химическая технология, водоподготовка и водоочистка. Основные процессы, описание их технологических схем. Применяемые материалы.	15	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: <https://media.technolog.edu.ru>

6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в форме экзамена.

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

При сдаче экзамена, студент получает два вопроса из перечня вопросов, время подготовки студента к устному ответу - до 45 мин.

Пример варианта вопросов на экзамене:

Вариант № 1

- 1 Интегральная и дифференциальная теплоты сорбции. Методы определения теплоты сорбции – прямые и косвенные. Алгоритм проведения определения.
- 2 Применение сорбентов в нефтехимии.

7. Перечень учебных изданий, необходимых для освоения дисциплины.

а) печатные издания:

1 Самонин, В. В. Сорбционные технологии защиты человека, техники и окружающей среды / В. В. Самонин, М. Л. Подвязников, Е. А. Спиридонова. - Санкт-Петербург : Наука, 2021. - 531 с. ISBN 978-5-02-040519-6.

2 Сорбционная осушка газовых и жидких сред / В. В. Самонин, М. Л. Подвязников, Е. А. Спиридонова, В. Ю. Никонова. – Санкт-Петербург: Наука, 2011. - 138 с. - ISBN 978-5-02-025403-9.

3 Сорбирующие материалы, изделия, устройства и процессы управляемой адсорбции/ В.В.Самонин, М.Л.Подвязников, В.Ю.Никонова [и др.] – Санкт-Петербург: «Наука», 2009. - 271 с. - ISBN 978-5-02-025346-9.

4 Мухин, В.М. Производство и применение углеродных адсорбентов: учебное пособие для вузов по направлению "Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии" / В. М. Мухин, В. Н. Клушин; Российский химико-технологический университет им. Д. И. Менделеева. - Москва: РХТУ, 2012. - 307 с. - ISBN 978-5-7237-0905-8.

5 Фенелонов, В.Б. Адсорбционно-капиллярные явления и пористая структура катализаторов и адсорбентов: сборник задач и вопросов с ответами и решениями/ В.Б.Фенелонов, М.С.Мельгунов; Новосибирский государственный университет. Факультет естественных наук. - Новосибирск: издательство Новосибирского университета, 2010. - 188 с. - ISBN 978-5-94356-934-0.

6 Добкина, Е.И. Пористая структура катализаторов и адсорбентов: учебное пособие/ Е.И.Добкина, Л.А.Нефедова, С.А.Лаврищева; Министерство образования и науки Российской Федерации; Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра технологии катализаторов. – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2010. - 24 с.

7 Ивахнюк, Г.К. Активный оксид алюминия: учебное пособие / Г. К. Ивахнюк, Н. Ф. Федоров; Министерство образования и науки Российской Федерации ; Санкт-Петербургский государственный технологический институт (Технический университет), Кафедра инженерной защиты окружающей среды. – Санкт-Петербург: Менделеев, 2014. – 75 с.

б) электронные учебные издания:

1 Григорьева, Л.В. Определение защитных характеристик слоя активного угля: Практикум / Л. В. Григорьева, В. В. Далидович ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра химической технологии материалов и изделий сорбционной техники. – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2016. - 15 с. // СПбГТИ. Электронная библиотека. - URL: <https://technolog.bibliotech.ru> (дата обращения: 16.03.2021). - Режим доступа: для зарегистрир. пользователей.

2 Композиционные сорбционно-активные наноматериалы: Учебное пособие / В. В. Далидович, Л.В.Григорьева, В.В.Самонин [и др.]; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра химической технологии материалов и изделий сорбционной техники. - Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2012. - 81 с. // СПбГТИ.

Электронная библиотека. - URL: <https://technolog.bibliotech.ru> (дата обращения: 16.03.2021). - Режим доступа: для зарегистрир. пользователей.

3 Колосенцев, С.Д. Определение эффективного объема микропор углеродных сорбентов: методические указания / С. Д. Колосенцев, В. Л. Киселева, Е. Д. Хрылова; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра химической технологии материалов и изделий сорбционной техники. - Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2013. - 13 с. // СПбГТИ. Электронная библиотека. - URL: <https://technolog.bibliotech.ru> (дата обращения: 16.03.2021). - Режим доступа: для зарегистрир. пользователей.

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

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

электронно-библиотечные системы:

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

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

9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.

Все виды занятий по дисциплине проводятся в соответствии с требованиями следующих СТП:

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

СТО СПбГТИ(ТУ) 020-2011. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Лабораторные работы. 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(ТУ) 016-2015. КС УКДВ. Порядок проведения зачетов и экзаменов.

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.

Стандартные программные продукты пакета «Apache_OpenOffice»

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 занятий используется аудитория, оборудованная средствами оргтехники, на 30 посадочных мест. Помещения оснащены мебелью. Оборудование: Проектор BenQ MX518, Ноутбук HP Compaq Presario – 2 шт, проектор Vivitek D508 DLP, проекционный экран – 2 шт., пульт для управления презентацией доски.

Для проведения лабораторных занятий используется: оригинальные установки ВТА (установки для определения параметров сорбирующих материалов в динамических условиях); титровальные установки; электрошкаф сушильный; печь муфельная LF – 5/11 – G1; аквадистиллятор ДЭ-10; компрессор BRAVO-94-3M (МК-102); Ультратермостат 2-15С Колориметр КФК-2, прибор для определения механической прочности на истирание Колориметр КФК-2МП Спектрофотометр LEKI SS2107 Кондуктометр «Эксперт-002-2-6п» (2013 г.) Анализатор «Эксперт-001-pH-ХПК-БПК» (2013 г.) Весы лабораторные ВМ 213 Весы ВМК 1501 Весы ВМК 651 Весы аналитические ВЛР- 200.

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 «Сорбирующие материалы и сорбционные процессы»**

1. Перечень компетенций и этапов их формирования.

Индекс компетенции	Содержание	Этап формирования

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)		
			«удовлетворительно» (пороговый)	«хорошо» (средний)	«отлично» (высокий)
ОПК-2.1 Знание основных методов определения параметров сорбирующих материалов, анализ результатов на соответствие требованиям стандартов	знает основные методы определения параметров сорбирующих материалов (ЗН-1)	Правильные ответы на вопросы № 1, 2, 6, 10, 12, 13, 14, 23, 33, 35, 36, 39, 40, 45, 48 к экзамену	Допускает ошибки при перечислении параметров и методов определения параметров сорбирующих материалов	Знает параметры и методы определения параметров сорбирующих материалов, но не может определить связь между ними	Знает методы определения параметров сорбирующих материалов и уверенно перечисляет параметры сорбирующих материалов, находит связь между ними
	умеет анализировать результаты на соответствие требованиям стандартов (У-1)	Правильные ответы на вопросы № 49-53 к экзамену	Анализирует результаты определения параметров сорбирующих материалов на соответствие требованиям стандартов с помощью преподавателя	Анализирует результаты определения параметров сорбирующих материалов на соответствие требованиям стандартов с подсказкой преподавателя	Анализирует результаты определения параметров сорбирующих материалов на соответствие требованиям стандартов самостоятельно
	владеет основными методами определения параметров сорбирующих материалов (Н-1)	Правильные ответы на вопросы № 1, 2, 6, 10, 12, 13, 14, 23, 33, 35, 36, 39, 40, 45, 48 к экзамену	Представляет алгоритм метода определения и определяет параметры сорбирующих материалов при непосредственном участии преподавателя	Представляет алгоритм метода определения и определяет параметры сорбирующих материалов с использованием научно-технической литературы	Самостоятельно владеет методами определения параметров сорбирующих материалов и самостоятельно проводит определение

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Показатели сформированности (дескрипторы)	Критерий оценивания	Уровни сформированности (описание выраженности дескрипторов)		
			«удовлетворительно» (пороговый)	«хорошо» (средний)	«отлично» (высокий)
ОПК-2.2 Планирование и проведение эксперимента обработкой полученных результатов в соответствии с основами физико-химических процессов сорбции	знает основы физико-химических процессов сорбции (ЗН-2)	Правильные ответы на вопросы № 3-5, 7-11, 14-48 к экзамену	С ошибками знает основы физико-химических процессов сорбции. Путается в понятиях, теоретических закономерностях.	Знает основы физико-химических процессов сорбции	Знает основы физико-химических процессов сорбции и находит связь между понятиями и теоретическими закономерностями
	умеет обрабатывать полученные результаты в соответствии с основами физико-химических процессов сорбции (У-2)	Правильные ответы на вопросы № 1-48 к экзамену	Умеет обрабатывать полученные результаты в соответствии с основами физико-химических процессов сорбции при подсказке преподавателя	Умеет обрабатывать полученные результаты в соответствии с основами физико-химических процессов сорбции	Умеет обрабатывать полученные результаты в соответствии с основами физико-химических процессов сорбции, проводит анализ, делает выводы
	владеет навыками планирования и проведения эксперимента (Н-2)	Правильные ответы на вопросы № 54-61 к экзамену	Владеет навыком проведения эксперимента по плану, разработанному преподавателем	Владеет навыком проведения эксперимента по плану, скорректированному преподавателем	Самостоятельно владеет навыками планирования и проведения эксперимента
ОПК-2.3 Знание основных приборов и методик при проведении сорбционных процессов	знает основные приборы, основные методики проведения сорбционных процессов (ЗН-3)	Правильные ответы на вопросы № 35, 40, 45, 48, 62-67 к экзамену	Знает основные приборы, основные методики проведения сорбционных процессов с допущением ошибок	Знает основные приборы, основные методики проведения сорбционных процессов с допущением 1-2 ошибок	Знает основные приборы, основные методики проведения сорбционных процессов
	умеет выбирать методику проведения сорбционного процесса (У-3)	Правильные ответы на вопросы № 35, 40, 45, 48, 62-67 к экзамену	Выбирает методику проведения сорбционного процесса, указанную преподавателем	Умеет самостоятельно выбирать методику проведения сорбционного процесса	Умеет самостоятельно выбирать методику проведения сорбционного процесса и доказывает ее

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Показатели сформированности (дескрипторы)	Критерий оценивания	Уровни сформированности (описание выраженности дескрипторов)		
			«удовлетворительно» (пороговый)	«хорошо» (средний)	«отлично» (высокий)
					целесообразность
	использует современные приборы и методики при проведении сорбционных процессов (Н-3)	Правильные ответы на вопросы № 35, 40, 45, 48, 62-67 к экзамену	Использует современные приборы и методики при проведении сорбционных процессов при помощи преподавателя	Использует современные приборы и методики при проведении сорбционных процессов под контролем преподавателя	Имеет навык самостоятельного использования современных приборов и методик при проведении сорбционных процессов

3. Типовые контрольные задания для проведения промежуточной аттестации
а) Вопросы для оценки знаний, умений и навыков, сформированных у студента по компетенции ОПК-2:

- 1 Понятия “дисперсность, сорбент, удельная поверхность, эквивалентный радиус”. Методика определения величины удельной поверхности сорбирующего материала.
- 2 Понятия “процесс адсорбции, сорбент, сорбтив, сорбат”. Классификация типов пор по размерам.
- 3 Классификация сорбентов по происхождению, типу ПС, природе, составу.
- 4 Виды сорбционных явлений (процессов).
- 5 Природа адсорбционных сил (индукционные, ориентационные, дисперсионные силы). Энергия неспецифических взаимодействий по Лондону, Гамакеру и Лифшицу.
- 6 Понятие “пористая структура адсорбентов”, ее основные характеристики. Методики определения суммарного объема пор, предельного объема сорбционного пространства.
- 7 Общая картина заполнения пор в процессе адсорбции.
- 8 Сорбционное равновесие. Равновесная величина сорбции. Абсолютная величина сорбции. Предельная величина сорбции.
- 9 Обратимость процессов сорбции.
- 10 Термическое уравнение сорбции. Изопикна, изобара, изостера, изотерма адсорбции, их взаимосвязь. Методика определения изотермы адсорбции эксикаторным методом.
- 11 Классификация типов ИА по Брунауэру. Факторы, определяющие вид ИА.
- 12 Основные характеристики ПС: предельная величина сорбции; предельный объем сорбционного пространства; объем микро-, мезо-, макропор; суммарный объем пор.
- 13 Истинная, пикнометрическая, кажущаяся, гравиметрическая плотности. Метод молекулярных шупов. Методика определения пикнометрической плотности.
- 14 Интегральная и дифференциальная теплоты сорбции. Методы определения теплоты сорбции – прямые и косвенные.
- 15 Водородная связь.
- 16 Избирательность адсорбции. Коэффициент разделения. Общие закономерности адсорбции смесей. Расчет адсорбции бинарной смеси паров (газов) на основе теории Лэнгмюра. Приближенное определение коэффициента разделения.
- 17 Уравнение ИА по Гиббсу, Фрейндлиху.
- 18 Адсорбционная теория Лэнгмюра – предпосылки, вывод и анализ уравнения, достоинства и недостатки.
- 19 Потенциальная теория адсорбции (Поляни-Лондона). Допущения; понятие адсорбционного потенциала; основная задача теории; основное уравнение теории; характеристическая кривая. Расчет семейства ИА по характеристической кривой.
- 20 Теория БЭТ – основные положения теории, уравнение адсорбции по БЭТ, анализ уравнения. Достоинства и недостатки теории.
- 21 Теория объемного заполнения микропор (ТОЗМи): основные предпосылки, основное уравнение, современное состояние.
- 22 Физический смысл констант E и n термического уравнения адсорбции.
- 23 Методика определения изотермы адсорбции в динамических условиях. Методика нахождения E и n по экспериментальной изотерме адсорбции (ИА).
- 24 Переход от уравнения Дубинина-Астахова к уравнению Дубинина-Радушкевича. Физический смысл величины V в уравнении Дубинина-Радушкевича.
- 25 Термический коэффициент предельной адсорбции. Вид уравнения изотермы адсорбции для любого пара при любой температуре.
- 26 Классификация активных углей (АУ) по степени обгара. Как изменяются параметры пористой структуры (ПС) углей по мере роста величины обгара?

- 27 Адсорбция паров в предкритической области.
- 28 Адсорбция газов. Вид уравнения ИА.
- 29 Коэффициент подобия.
- 30 Теория капиллярной конденсации. Внутреннее давление. Капиллярное давление. Уравнение Лапласа. Уравнение Томсона.
- 31 Явление гистерезиса. Зависимость вида петли гистерезиса от формы пор.
- 32 Построение на основе десорбционной ветви ИА интегральной и дифференциальной структурных кривых. Исправленные структурные кривые. Методы определения толщины пленки в момент образования мениска, t-метод.
- 33 Определение величины удельной поверхности мезопор сорбционным методом (Киселев А.В.) и методом ртутной порометрии.
- 34 Расчет ветви десорбции ИА какого-либо пара по известной ветви десорбции ИА для данного пара.
- 35 Кинетика адсорбции. Понятие. Методики исследования. Основные зависимости.
- 36 Кинетика десорбции. Понятие. Методики исследования. Основные зависимости.
- 37 Динамика адсорбции. Формирование фронта адсорбции.
- 38 Динамика адсорбции. Режим параллельного переноса. Понятие работающего слоя.
- 39 Динамика адсорбции. Основные динамические характеристики работы слоя сорбента - время защитного действия слоя; выходная кривая, коэффициент симметричности, динамическая адсорбционная способность, коэффициент использования сорбционной емкости слоя. Влияние условий проведения процесса на его характеристики. Методика определения выходной кривой.
- 40 Динамика адсорбции. Уравнение Шилова. Определение высоты работающего слоя. Коэффициент защитного действия. Методика определения. Прогнозирование защитных характеристик слоя сорбента.
- 41 Динамика многокомпонентной адсорбции.
- 42 Особенности сорбции из жидких фаз. Избирательность и вытеснительный характер адсорбции веществ из растворов. Взаимодействие растворителя с поверхностью сорбента и с растворенным веществом.
- 43 Особенности сорбции из жидких фаз. Определение величины Гиббсовской адсорбции. Виды изотерм гиббсовской адсорбции.
- 44 Особенности сорбции из жидких фаз. Влияние природы среды на адсорбцию, критерии оценки поведения растворителя.
- 45 Особенности сорбции из жидких фаз. Изотерма изменения состава раствора. Классификация изотерм адсорбции по Гилльсу. Методика определения изотермы адсорбции.
- 46 Особенности сорбции из жидких фаз. Уравнение ИА Гиббса, Лэнгмюра и Фрейндлиха.
- 47 Особенности сорбции из жидких фаз. Кинетика сорбции из водных растворов. Факторы, влияющие на скорость сорбции. Методика определения.
- 48 Особенности сорбции из жидких фаз. Динамика сорбции из водных растворов. Методика получения выходной кривой.
- 49 Активные угли, классификация, выпускаемые марки, параметры пористой структуры, особенности строения поверхности и избирательность сорбции, методы получения и модификации поверхности.
- 50 Силикагели, классификация, выпускаемые марки, параметры пористой структуры, особенности строения поверхности и избирательность сорбции, методы получения и модификации поверхности.
- 51 Цеолиты, классификация, выпускаемые марки, параметры пористой структуры, особенности строения поверхности и избирательность сорбции, методы получения, каталитические свойства.

- 52 Активный оксид алюминия, модификация, параметры пористой структуры, особенности строения поверхности и избирательность сорбции, методы получения и модификации поверхности, каталитические свойства.
- 53 Ионообменные смолы, классификация, особенности строения, основные характеристики, области применения.
- 54 Композиционные сорбционно активные материалы - КСАМ. Понятие МАТРИЦА и НАПОЛНИТЕЛЬ, классификация КСАМ. Критерии выбора полимера матрицы для КСАМ.
- 55 Особенности КСАМ на основе органической матрицы. Какие ограничения с позиции дисперсности наполнителя оказывают влияние на возможность создания КСАМ? Основные достоинства КСАМ - перечислите.
- 56 Каким образом первичные свойства матрицы и наполнителя изменяются в процессе их совмещения? Какие свойства можно придать КСАМ путем подбора матрицы и типа и дисперсности наполнителя?
- 57 Особенности свойств КСАМ на неорганической полимерной матрице. Основные методики получения КСАМ на неорганической полимерной матрице.
- 58 Традиционные методы получения КСАМ.
- 59 Основные модели строения КСАМ на основе ультрадисперсных порошков. Схема синтеза КСАМ на основе ультрадисперсных порошков.
- 60 Новые методы получения КСАМ.
- 61 Планирование и проведение эксперимента по получению КСАМ.
- 62 Применение сорбирующих материалов для очистки воды в водоподготовке.
- 63 Применение сорбирующих материалов для очистки воды в водоотведении.
- 64 Очистка и осушка газов в нефтехимии.
- 65 Хроматографическое разделение природного газа. Особенности, достоинства и недостатки непрерывных процессов. Схема работы адсорбционной установки с движущимся слоем.
- 66 Применение цеолитов и активных оксидов алюминия в гидрогенизационных каталитических процессах крекинга и облагораживания нефтяных фракций и остатков. Требования к катализаторам и носителям катализаторов.
- 67 Применение сорбционных технологий в химической технологии. Процессы рекуперации, очистки промышленных сбросов.

При сдаче экзамена, студент получает два вопроса из перечня, приведенного выше. Время подготовки студента к устному ответу на вопросы - до 45 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 СТО СПбГТИ(ТУ) 016-2015. КС УКДВ Порядок проведения зачетов и экзаменов.

По дисциплине промежуточная аттестация проводится в форме экзамена.

Шкала оценивания на экзамене балльная («отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно»).

При этом оценка за экзамен соотносится с уровнем сформированности компетенции.