

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Пекаревский Борис Владимирович  
Должность: Проректор по учебной и методической работе  
Дата подписания: 29.09.2023 17:56:50  
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  
«23» апреля 2021 г.

**Рабочая программа дисциплины**  
**НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ СОРБЦИОННО-КАТАЛИТИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ**

Направление подготовки

**18.04.01 Химическая технология**

Направленность программы магистратуры

**Химическая технология средств защиты и систем жизнеобеспечения на основе  
нанопористых материалов и изделий**

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 «Научные основы сорбционно-каталитических процессов» 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 «Химическая технология»		М.В. Рутто
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.....	07
4.2. Занятия лекционного типа.....	08
4.3. Занятия семинарского типа.....	12
4.3.1. Семинары, практические занятия .....	12
4.3.2. Лабораторные занятия.....	12
4.4. Самостоятельная работа.....	12
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине .....	13
6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации.....	13
7. Перечень учебных изданий, необходимых для освоения дисциплины .....	14
8. Перечень электронных образовательных ресурсов, необходимых для освоения дисциплины.....	15
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.....	15
10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине	
10.1. Информационные технологии.....	15
10.2. Программное обеспечение.....	15
10.3. Базы данных и информационные справочные системы.....	15
11. Материально-техническое обеспечение освоения дисциплины в ходе реализации образовательной программы .....	16
12. Особенности освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья .....	16

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><b>ПК-2</b> Способен использовать знания о влиянии свойств сорбентов и условий их получения на параметры работы систем жизнеобеспечения</p>	<p><b>ПК-2.1</b> Знание основных закономерностей протекания сорбционных и каталитических процессов</p>	<p><b>Знать:</b> основы процесса сорбции и катализа (ЗН-1), основные физико-химические теории процессов сорбции и катализа (ЗН-2), основы кинетики и динамики сорбции (ЗН-3), особенности сорбции из жидких сред (ЗН-4)</p> <p><b>Уметь:</b> анализировать влияние условий проведения процессов в статических и динамических условиях на защитные характеристики используемых материалов (У-1)</p> <p><b>Владеть:</b> методиками расчета или определения структурных характеристик и динамических коэффициентов из изотерм сорбции, выходных кривых, кинетических кривых (Н-1)</p>
	<p><b>ПК-2.3</b> Знание влияния различных факторов на сорбционные процессы</p>	<p><b>Знать:</b> особенности протекания сорбционных и каталитических процессов в различных условиях; модели описания данных процессов (ЗН-5)</p> <p><b>Уметь:</b> прогнозировать протекание сорбционно-каталитического процесса (У-2)</p> <p><b>Владеть:</b> методикой применения уравнения Шилова для определения динамических характеристик и прогнозирования работы слоя сорбционно-каталитических материалов (Н-2)</p>

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения (дескрипторы)
	<p><b>ПК-2.4</b> Знание основных характеристик сорбционно-каталитических материалов</p>	<p><b>Знать:</b> основные характеристики, строение пористой структуры, особенности поверхности сорбционно-каталитических материалов (ЗН-6)</p> <p><b>Уметь:</b> анализировать связь особенностей строения и поверхности сорбционно-каталитических материалов с их свойствами и областями применения (У-3)</p> <p><b>Владеть:</b> методами определения характеристик пористой структуры и сорбционных свойств, методиками определения защитных свойств сорбционно-каталитических материалов (Н-3)</p>

## 2. Место дисциплины в структуре образовательной программы.

Дисциплина «Научные основы сорбционно-каталитических процессов» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений Блока 1 «Дисциплины» образовательной программы магистратуры (Б1.В.02). Изучается в первом семестре первого курса.

В методическом плане дисциплина опирается на элементы компетенций, сформированные при изучении дисциплин «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
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b> (зачетных единиц/ академических часов)	<b>5/ 180</b>
<b>Контактная работа с преподавателем:</b>	<b>120</b>
занятия лекционного типа	36
занятия семинарского типа, в т.ч.	72
семинары, практические занятия (в том числе практическая подготовка)	-
лабораторные работы (в том числе практическая подготовка)	72 (36)
курсовое проектирование (КР или КП)	-
КСР	12
другие виды контактной работы	-
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>33</b>
<b>Форма текущего контроля</b> (Кр, реферат, РГР, эссе)	-
<b>Форма промежуточной аттестации</b> (КР, КП, зачет, экзамен)	<b>Экзамен/27</b>

#### 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	Сорбционные явления. Основные закономерности сорбционных процессов.	8	-	20	3	ПК-2	ПК-2.1 ПК-2.4
2	Теории адсорбции. Теория хемосорбции. Химическая адсорбция.	4	-	-	3	ПК-2	ПК-2.1
3	Закономерности процессов сорбции в условиях проточного реактора.	4	-	10	3	ПК-2	ПК-2.1
4	Многокомпонентная сорбция.	2	-	12	3	ПК-2	ПК-2.1
5	Модели равновесной, неравновесной изотермической, адиабатической сорбции, сорбция в движущемся и взвешенном слое.	8	-	10	9	ПК-2	ПК-2.3
6	Особенности сорбции из жидких сред.	4	-	-	3	ПК-2	ПК-2.1
7	Катализ. Основные характеристики каталитических процессов.	2	-	20	3	ПК-2	ПК-2.1
8	Гетерогенный катализ. Основные теории гетерогенного катализа. Каталитическая активность.	2	-	-	3	ПК-2	ПК-2.1
9	Пористые углеродные катализаторы. Нанесенные катализаторы. Катализ на цеолитах.	2	-	-	3	ПК-2	ПК-2.4

#### 4.2. Занятия лекционного типа.

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
1	<p><b>Сорбционные явления. Основные закономерности сорбционных процессов.</b></p> <p>Понятие, виды и механизм сорбции, параметры пористой структуры, классификация сорбентов.</p> <p>Явление сорбции. Виды сорбционных явлений (физическая адсорбция, абсорбция, капиллярная конденсация, химическая 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.</p>	8	ЛПК
2	<p><b>Теории адсорбции.</b></p> <p>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.</p> <p>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.</p> <p>Теория капиллярной конденсации. Уравнение Лапласа. Уравнение Томсона-Кельвина. Явление гистерезиса. Использование десорбционной ветви ИА. Построение интегральной и дифференциальной структурной кривой. Исправленная структурная кривая.</p>	2	ЛПК



№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
2	<p><b>Теория хемосорбции. Химическая адсорбция.</b> Современное состояние теории хемосорбции. Описание хемосорбционных процессов. Основные уравнения. Особенности химической адсорбции. Ее связь с гетерогенным катализом.</p>	2	
3	<p><b>Закономерности процессов сорбции в условиях проточного реактора.</b> Предмет изучения кинетики адсорбции. Методическое оформление эксперимента. Кинетическая кривая. Анализ кинетической кривой. Факторы, влияющие на скорость поглощения. Стадии процесса адсорбции. Лимитирующая стадия. Внутри- и внешнедиффузионная области протекания адсорбции. Виды внутреннего массопереноса. Эффективный коэффициент диффузии. Влияние формы гранулы на кинетику адсорбции. 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.</p>	4	ЛПК
4	<p><b>Многокомпонентная сорбция.</b> Явление избирательности адсорбции. Коэффициенты разделения. Влияние различных факторов на избирательность адсорбции. Вид ИА для многокомпонентной адсорбции. 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.</p>	2	ЛПК

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
5	<p><b>Модели равновесной, неравновесной изотермической, адиабатической сорбции, сорбция в движущемся и взвешенном слое.</b></p> <p>Модель равновесной изотермической адсорбции, уравнения Викке и Вильсона, размывание фронта сорбции.</p> <p>Модель неравновесной изотермической адсорбции. Дополнительные факторы размывания фронта сорбции.</p> <p>Модель адиабатической (неизотермической) сорбции.</p> <p>Модель сорбции в движущемся слое. Разделение природного газа на установках движущегося слоя. Достоинства.</p> <p>Модель сорбции во взвешенном слое. Особенности работы слоя.</p>	8	
6	<p><b>Особенности сорбции из жидких сред.</b></p> <p>Основы адсорбции из растворов, вытеснительный характер адсорбции. Избирательность и вытеснительный характер адсорбции органических веществ из растворов. Взаимодействие растворителя с поверхностью сорбента и с растворенным веществом. Специфическое и дисперсионное взаимодействие.</p> <p>Влияние природы среды на адсорбцию, критерии оценки поведения растворителя. Определение величины Гиббсовской адсорбции. Виды изотерм гиббсовской адсорбции. Адсорбция электролитов и неэлектролитов. Особенности поглощения неэлектролитов. Виды адсорбции электролитов: эквивалентная, избирательная. Характеристики ионов, влияющие на их поглощение, лиотропные ряды. Правила Панета и Фаянса. Ионный обмен. Ионообменные материалы, классификация, свойства. Матрица, обменный комплекс, противоионы и коионы. Изотерма изменения состава раствора. Классификация изотерм адсорбции по Гилльсу. Точка нулевого заряда. Мицеллообразование. Гетероадагуляция. ИА из раствора по классификации Смита. Уравнение Лэнгмюра для растворов. Изотерма Фрейндлиха. Уравнение Гиббса для адсорбции из растворов.</p> <p>Кинетика сорбции из водных растворов. Факторы, влияющие на скорость сорбции. Динамика сорбции из водных растворов. Уравнение Шилова, Стадника, Бохарда-Адамса.</p>	4	

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Иновационная форма
7	<p><b>Катализ. Основные характеристики каталитических процессов.</b></p> <p>Природа каталитических явлений. Определение катализа. Классический механизм катализа. Активированный комплекс. Понятие «пороговой» энергии начала реакции – энергии активации. Промежуточные продукты катализа. Специфичность и селективность катализа. Классификация катализаторов по типу реакции, химическому составу, физическим свойствам. Типы катализа. Гомогенный катализ. Автокатализ. Гетерогенный катализ. Кислотный катализ, области применения. Основной катализ, области применения. Катализаторы двойного действия. Гетерогенные и гомогенные катализаторы. Массивные и нанесенные катализаторы. Конструкции каталитических объектов. Каталитические ряды. Скорость каталитических реакций. Выход продукта, конверсия, селективность. Промышленный катализ: непрерывность, безотходность, энергоемкость.</p>	2	
8	<p><b>Гетерогенный катализ. Основные теории гетерогенного катализа. Каталитическая активность.</b></p> <p>Катализ с точки зрения теории адсорбции, стадия предкаталитической сорбции. Влияние характера поверхности на каталитическую активность. Отравление и промотирование катализаторов. Ферментативный катализ. Стереоспецифическая полимеризация. Адсорбционная теория гетерогенного катализа. Теория мультиплетов. Теория активных столкновений. Теория элементарных взаимодействий.</p>	2	
9	<p><b>Пористые углеродные катализаторы. Нанесенные катализаторы. Катализ на цеолитах.</b></p> <p>Требования, предъявляемые к катализаторам. Влияние величины удельной поверхности и пористости на активность катализаторов. Требования к носителям катализаторов. Природные катализаторы и их активация. Цеолитные катализаторы, получение, особенности строения и механизм катализа. Катализаторы на носителях, получаемые методом пропитки (окувание, пропитка).</p>	2	

### 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		Примечания
		всего	в том числе на практическую подготовку*	
1	Определение активности по четыреххлористому углероду активных углей различных марок	20	10	
7	Изучение процесса поглощения монооксида углерода на гопкалите.	20	10	
4	Изучение явления избирательности сорбции.	12	6	
3; 5	Определение времени защитного действия угля в стационарном и кипящем слое по парам бензола.	20	10	

#### 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. Активные угли, цеолиты, силикагели, активный оксид алюминия, ионообменные смолы: особенности пористой структуры и химии поверхности, свойства. Области применения.	3	Устный опрос
2	Теории адсорбции. Теория хемосорбции. Химическая адсорбция. 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
3	Закономерности процессов сорбции в условиях	3	

№ раздела дисциплины	Перечень вопросов для самостоятельного изучения	Объем, акад. часы	Форма контроля
	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.		
4	Многокомпонентная сорбция. Метод расчета ИА Майерса-Праусница.	3	Устный опрос
5	Модели равновесной, неравновесной изотермической, адиабатической сорбции, сорбция в движущемся и взвешенном слое.	9	
6	Особенности сорбции из жидких сред. Применение ТОЗМи для описания процесса сорбции из растворов. Сорбция смесей. Пористая структура адсорбентов и ее влияние на избирательность адсорбции органических и неорганических веществ из водных растворов.	3	
7	Катализ. Основные характеристики каталитических процессов.	3	Устный опрос
8	Гетерогенный катализ. Основные теории гетерогенного катализа. Каталитическая активность.	3	
9	Пористые углеродные катализаторы. Нанесенные катализаторы. Катализ на цеолитах.	3	

#### **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 Технология получения нанесенного катализатора методом пропитки. Требования, предъявляемые к основе.

Фонд оценочных средств по дисциплине представлен в Приложении № 1

## 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; Санкт-Петербургский государственный технологический институт (Технический университет), Кафедра технологии катализаторов. – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2010. - 24 с.

### б) электронные учебные издания:

1 Григорьева, Л.В. Определение защитных характеристик слоя активного угля: Практикум / Л. В. Григорьева, В. В. Далидович ; 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.]; 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;

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 приходиться, 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 и практических 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-94-3М (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-рН-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 «Научные основы сорбционно-каталитических процессов»**

**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)
<p><b>ПК-2.1</b> Знание основных закономерностей протекания сорбционных и каталитических процессов</p>	<p><b>Знает:</b> основы процесса сорбции и катализа, (ЗН-1)</p>	<p>Правильные ответы на вопросы № 1-4, 6-10, 12-15, 37 к экзамену</p>	<p>Дает понятие сорбции, перечисляет виды сорбции, знает классификацию сорбентов по природе происхождения, пористой структуре и т.д., знает природу адсорбционных сил. Знает уравнения изотермы адсорбции (ИА). Перечисляет плотности сорбента. Знает, что такое интегральная и дифференциальная теплоты сорбции. <b>При этом допускает ошибки.</b></p>	<p>Дает понятие сорбции, перечисляет виды сорбционных явлений, знает классификацию сорбентов по природе происхождения, пористой структуре и т.д. и может их рассчитать, знает природу адсорбционных сил <b>и объясняет ее.</b> Знает уравнения изотермы адсорбции (ИА). Перечисляет плотности сорбента. Знает, что такое интегральная и дифференциальная теплоты сорбции <b>и объясняет их взаимосвязь.</b></p>	<p>Дает понятие сорбции, перечисляет виды сорбционных явлений <b>и объясняет их различие,</b> знает классификацию сорбентов по природе происхождения, пористой структуре и т.д. Знает природу адсорбционных сил, <b>характеризует ее составляющие и объясняет ее.</b> Знает уравнения изотермы адсорбции (ИА), <b>находит связь между ними.</b> Перечисляет плотности сорбента. Знает, что такое интегральная и дифференциальная теплоты сорбции <b>и объясняет их взаимосвязь.</b> <b>Соотносит вид</b></p>

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Показатели сформированности (дескрипторы)	Критерий оценивания	Уровни сформированности (описание выраженности дескрипторов)		
			«удовлетворительно» (пороговый)	«хорошо» (средний)	«отлично» (высокий)
					<b>зависимостей теплот сорбции от величины адсорбции с качеством сорбента.</b>
	основные физико-химические теории процессов сорбции и катализа (ЗН-2);	Правильные ответы на вопросы № 16-33, 36, 56-75 к экзамену	Знает физико-химические теории процессов сорбции и катализа	Знает физико-химические теории процессов сорбции и катализа, <b>а также области их применения.</b>	Знает физико-химические теории процессов сорбции и катализа, <b>области их применения, перечисляет и сравнивает их достоинства и недостатки.</b>
	основы кинетики и динамики сорбции (ЗН-3),	Правильные ответы на вопросы №38-44 к экзамену	<b>С ошибками</b> раскрывает понятие кинетика, динамика сорбции. Знает вид кинетической кривой, формулу эффективного диффузионного коэффициента, <b>но не дает его определение. Неправильно называет</b> лимитирующую	<b>Без ошибок</b> раскрывает понятие кинетика, динамика сорбции. Знает вид кинетической кривой, формулу эффективного диффузионного коэффициента, <b>но не дает его определение.</b> Называет лимитирующую стадию адсорбции и перечисляет все стадии	<b>Без ошибок</b> раскрывает понятие кинетика, динамика сорбции. Знает вид кинетической кривой, формулу эффективного диффузионного коэффициента <b>и дает его определение.</b> Называет лимитирующую стадию адсорбции и

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Показатели сформированности (дескрипторы)	Критерий оценивания	Уровни сформированности (описание выраженности дескрипторов)		
			«удовлетворительно» (пороговый)	«хорошо» (средний)	«отлично» (высокий)
			<p>стадию адсорбции, хотя перечисляет все стадии. Перечисляет области протекания диффузионных процессов, виды внутреннего массопереноса. Знает особенности кинетики десорбции. Знает режимы работы слоя сорбента, <b>но не может объяснить формирование фронта сорбции.</b> Знает вид кривых распределения концентраций, выходной кривой. Знает основные характеристики работы слоя сорбента в динамических условиях, но с <b>ошибками</b> знает формулы динамики сорбции. Дает понятие избирательности</p>	<p>процесса. Перечисляет области протекания диффузионных процессов, виды внутреннего массопереноса. Знает особенности кинетики десорбции. Знает режимы работы слоя сорбента и <b>объясняет механизм формирования фронта сорбции.</b> Знает вид кривых распределения концентраций, выходной кривой. Знает основные характеристики работы слоя сорбента в динамических условиях и основные формулы динамики сорбции. Дает понятие избирательности сорбции, коэффициентов разделения. Имеет представление о</p>	<p>перечисляет все стадии процесса. Перечисляет области протекания диффузионных процессов, виды внутреннего массопереноса. Знает особенности кинетики десорбции. Знает режимы работы слоя сорбента и <b>объясняет механизм формирования фронта сорбции.</b> Знает вид кривых распределения концентраций, выходной кривой и <b>находит взаимосвязь между ними.</b> Знает основные характеристики работы слоя сорбента в динамических условиях и основные формулы динамики сорбции, <b>объясняет причины снижения</b></p>

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Показатели сформированности (дескрипторы)	Критерий оценивания	Уровни сформированности (описание выраженности дескрипторов)		
			«удовлетворительно» (пороговый)	«хорошо» (средний)	«отлично» (высокий)
			<p>сорбции, коэффициентов разделения. Имеет представление о многокомпонентной сорбции.</p>	<p>многокомпонентной сорбции <b>и факторах, влияющих на избирательность сорбции.</b>  <b>Знает факторы, влияющие на кинетику поглощения.</b>  <b>Знает факторы, влияющие на работу слоя сорбента в динамических условиях.</b></p>	<p><b>динамической активности слоя сорбента по сравнению с равновесной.</b>  <b>Объясняет причины потери времени защитного действия слоя.</b>            Дает понятие избирательности сорбции, коэффициентов разделения. Имеет представление о многокомпонентной сорбции <b>и факторах, влияющих на избирательность сорбции, коэффициентах селективности и вытеснения.</b>  <b>Знает факторы, влияющие на кинетику поглощения.</b>  <b>Знает факторы, влияющие на работу</b></p>

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Показатели сформированности (дескрипторы)	Критерий оценивания	Уровни сформированности (описание выраженности дескрипторов)		
			«удовлетворительно» (пороговый)	«хорошо» (средний)	«отлично» (высокий)
					<b>слоя сорбента в динамических условиях.</b>
	особенности сорбции из жидких сред (ЗН-4)	Правильные ответы на вопросы № 45-55 к экзамену	<b>Допускает ошибки в представлении об избирательности и вытеснительном характере адсорбции веществ из растворов, взаимодействии растворителя с поверхностью сорбента и с растворенным веществом, влиянии природы среды на адсорбцию. Частично знает критерии оценки поведения растворителя, особенности адсорбции электролитов и неэлектролитов, характеристики ионов, влияющие на их поглощение, лиотропные ряды.</b>	<b>Имеет представление об избирательности и вытеснительном характере адсорбции веществ из растворов, взаимодействии растворителя с поверхностью сорбента и с растворенным веществом, влиянии природы среды на адсорбцию. Знает критерии оценки поведения растворителя. Знает особенности адсорбции электролитов и неэлектролитов, характеристики ионов, влияющие на их поглощение, лиотропные ряды, правила Панета и Фаянса. Имеет</b>	<b>Имеет представление об избирательности и вытеснительном характере адсорбции веществ из растворов, взаимодействии растворителя с поверхностью сорбента и с растворенным веществом, влиянии природы среды на адсорбцию. Знает критерии оценки поведения растворителя. Знает особенности адсорбции электролитов и неэлектролитов, характеристики ионов, влияющие на их поглощение, лиотропные ряды, правила Панета и</b>

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Показатели сформированности (дескрипторы)	Критерий оценивания	Уровни сформированности (описание выраженности дескрипторов)		
			«удовлетворительно» (пороговый)	«хорошо» (средний)	«отлично» (высокий)
			<p>Путает правила Панета и Фаянса.</p> <p><b>Допускает ошибки</b> в представлении о ионном обмене, ионообменных материалах и их свойствах. Знает вид изотерм адсорбции и их классификацию, уравнения изотерм адсорбции Лэнгмюра, Фрейндлиха, Гиббса для растворов, но <b>допускает ошибки.</b> Имеет <b>неполное</b> представление о кинетике сорбции из водных растворов и факторах, влияющих на скорость сорбции. Знает основные закономерности динамики сорбции из водных растворов, но <b>допускает ошибки.</b> Знает уравнения Шилова.</p>	<p>представление о ионном обмене, ионообменных материалах и их свойствах. Знает вид изотерм адсорбции и их классификацию, уравнения изотерм адсорбции Лэнгмюра, Фрейндлиха, Гиббса для растворов. Имеет представление о кинетике сорбции из водных растворов и факторах, влияющих на скорость сорбции. Знает основные закономерности динамики сорбции из водных растворов. Знает уравнения Шилова, <b>Стадника, Бохарда-Адамса.</b></p>	<p>Фаянса.</p> <p>Имеет представление о ионном обмене, ионообменных материалах и их свойствах. Знает вид изотерм адсорбции и их классификацию, уравнения изотерм адсорбции Лэнгмюра, Фрейндлиха, Гиббса для растворов. Имеет представление о кинетике сорбции из водных растворов и факторах, влияющих на скорость сорбции. Знает основные закономерности динамики сорбции из водных растворов. Знает уравнения Шилова, <b>Стадника, Бохарда-Адамса.</b></p> <p><b>Находит взаимосвязь между понятиями.</b></p>

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Показатели сформированности (дескрипторы)	Критерий оценивания	Уровни сформированности (описание выраженности дескрипторов)		
			«удовлетворительно» (пороговый)	«хорошо» (средний)	«отлично» (высокий)
	<b>Умеет:</b> анализировать влияние условий проведения процессов в статических и динамических условиях на защитные характеристики используемых материалов (У-1)	Правильные ответы на вопросы № 9, 27, 38, 39, 42, 49, 55 к экзамену  Отчеты по лабораторным работам	<b>Проводит анализ</b> влияния условий проведения процессов в статических и динамических условиях на защитные характеристики используемых материалов <b>с допущением неточности, ошибок.</b>	<b>Анализирует</b> влияние условий проведения процессов в статических и динамических условиях на защитные характеристики используемых материалов, <b>делает правильные выводы.</b>	<b>Анализирует</b> влияние условий проведения процессов в статических и динамических условиях на защитные характеристики используемых материалов, <b>делает правильные выводы и дает рекомендации по изменению условий проведения процесса.</b>
	<b>Владеет:</b> методиками расчета или определения структурных характеристик и динамических коэффициентов из изотерм сорбции, выходных кривых, кинетических кривых (Н-1)	Правильные ответы на вопросы № 5, 9, 12, 19, 20, 27, 38, 39, 42, 49, 55 к экзамену	<b>Владеет</b> методиками расчета или определения структурных характеристик и динамических коэффициентов из изотерм сорбции, выходных кривых, кинетических кривых, <b>но допускает неточности и ошибки.</b>	<b>Владеет</b> методиками расчета или определения структурных характеристик и динамических коэффициентов из изотерм сорбции, выходных кривых, кинетических кривых, <b>но допускает неточности.</b>	<b>Владеет</b> методиками расчета или определения структурных характеристик и динамических коэффициентов из изотерм сорбции, выходных кривых, кинетических кривых.



Код и наименование индикатора достижения компетенции	Показатели сформированности (дескрипторы)	Критерий оценивания	Уровни сформированности (описание выраженности дескрипторов)		
			«удовлетворительно» (пороговый)	«хорошо» (средний)	«отлично» (высокий)
<b>ПК-2.3</b> Знание влияния различных факторов на сорбционные процессы	<b>Знает:</b> особенности протекания сорбционных и каталитических процессов в различных условиях; модели описания данных процессов (ЗН-5)	Правильные ответы на вопросы № 38, 39, 42, 76-81 к экзамену	<b>Знает с ошибками</b> особенности протекания сорбционных и каталитических процессов в различных условиях. <b>Перечисляет</b> модели описания данных процессов: равновесной, неравновесной изотермической, адиабатической сорбции, сорбции в движущемся и взвешенном слое.	<b>Знает</b> влияние условий проведения сорбционных и каталитических процессов на их протекание. <b>Знает</b> модели: равновесной, неравновесной изотермической, адиабатической сорбции, сорбция в движущемся и взвешенном слое. <b>Дает их описание.</b>	<b>Знает</b> влияние условий проведения сорбционных и каталитических процессов на их протекание. <b>Знает</b> модели: равновесной, неравновесной изотермической, адиабатической сорбции, сорбция в движущемся и взвешенном слое. <b>Дает их описание. Объясняет особенности каждой модели.</b>
	<b>Умеет:</b> прогнозировать протекание сорбционно-каталитического процесса (У-2)	Правильные ответы на вопросы № 38, 39, 42, 49, 55 к экзамену	<b>Допускает ошибки</b> при прогнозировании протекания сорбционно-каталитических процессов в зависимости от условий их проведения.	<b>Прогнозирует</b> протекание сорбционно-каталитического процесса с учетом условий его проведения.	<b>Прогнозирует</b> протекание сорбционно-каталитического процесса с учетом условий его проведения. <b>Предлагает изменение условий проведения процесса с целью его оптимизации.</b>

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Показатели сформированности (дескрипторы)	Критерий оценивания	Уровни сформированности (описание выраженности дескрипторов)		
			«удовлетворительно» (пороговый)	«хорошо» (средний)	«отлично» (высокий)
	<b>Владеет:</b> методикой применения уравнения Шилова для определения динамических характеристик и прогнозирования работы слоя сорбционно-каталитических материалов (Н-2)	Правильные ответы на вопросы № 43 к экзамену	<b>Применяет</b> уравнение Шилова для определения динамических характеристик работы слоя сорбционно-каталитического материала.	<b>Владеет методикой применения</b> уравнения Шилова для определения динамических характеристик работы слоя сорбционно-каталитических материалов.	<b>Владеет методикой применения</b> уравнения Шилова для <b>определения</b> динамических характеристик и <b>прогнозирования</b> работы слоя сорбционно-каталитических материалов
<b>ПК-2.4</b> Знание основных характеристик сорбционно-каталитических материалов	<b>Знает:</b> основные характеристики, строение пористой структуры, особенности поверхности сорбционно-каталитических материалов (ЗН-6);	Правильные ответы на вопросы №5, 11, 19, 20, 34 к экзамену	<b>Перечисляет</b> основные характеристики сорбционно-каталитических материалов. <b>Знает</b> строение пористой структуры сорбционно-каталитических материалов.	<b>Знает</b> основные характеристики, строение пористой структуры, сорбционно-каталитических материалов.	<b>Знает</b> основные характеристики, строение пористой структуры, особенности поверхности сорбционно-каталитических материалов.
	<b>Умеет:</b> анализировать связь особенностей строения и поверхности сорбционно-	Правильные ответы на вопросы №35 к экзамену	<b>Анализирует</b> связь <b>особенностей строения</b> сорбционно-	<b>Анализирует</b> связь <b>особенностей строения</b> <b>и</b> <b>поверхности</b>	<b>Анализирует</b> связь <b>особенностей строения</b> <b>и</b> <b>поверхности</b>

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Показатели сформированности (дескрипторы)	Критерий оценивания	Уровни сформированности (описание выраженности дескрипторов)		
			«удовлетворительно» (пороговый)	«хорошо» (средний)	«отлично» (высокий)
	каталитических материалов с их свойствами и областями применения (У-3)		каталитических материалов с их <b>свойствами.</b>	сорбционно-каталитических материалов с их <b>свойствами.</b>	сорбционно-каталитических материалов с их <b>свойствами и областями применения.</b>
	<b>Владеет:</b> методами определения характеристик пористой структуры и сорбционных свойств, методиками определения защитных свойств сорбционно-каталитических материалов (Н-3)	Правильные ответы на вопросы №5, 9, 12, 19, 20, 27, 38, 39, 42, 49, 55 к экзамену  Отчеты по лабораторным работам	<b>Владеет</b> методами определения характеристик пористой структуры сорбционно-каталитических материалов	<b>Владеет</b> методами определения характеристик пористой структуры и сорбционных свойств сорбционно-каталитических материалов	<b>Владеет</b> методами определения характеристик пористой структуры и сорбционных свойств, методиками определения защитных свойств сорбционно-каталитических материалов

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

- 1 Понятия “дисперсность, сорбент, удельная поверхность, эквивалентный радиус”.
- 2 Понятия “процесс адсорбции, сорбент, сорбтив, сорбат”. Классификация типов пор по размерам.
- 3 Виды сорбционных явлений (процессов).
- 4 Природа адсорбционных сил (индукционные, ориентационные, дисперсионные силы). Энергия неспецифических взаимодействий по Лондону, Гамакеру и Лифшицу.
- 5 Понятие “пористая структура адсорбентов”, ее основные характеристики. Методики и алгоритм определения суммарного объема пор, предельного объема сорбционного пространства.
- 6 Общая картина заполнения пор в процессе адсорбции.
- 7 Сорбционное равновесие. Равновесная величина сорбции. Абсолютная величина сорбции. Предельная величина сорбции.
- 8 Обратимость процессов сорбции.
- 9 Термическое уравнение сорбции. Изопикна, изобара, изостера, изотерма адсорбции, их взаимосвязь. Методика и алгоритм определения изотермы адсорбции эксикаторным методом.
- 10 Классификация типов ИА по Брунауэру. Факторы, определяющие вид ИА.
- 11 Основные характеристики ПС: предельная величина сорбции; предельный объем сорбционного пространства; объем микро-, мезо-, макропор; суммарный объем пор.
- 12 Истинная, пикнометрическая, кажущаяся, гравиметрическая плотности. Метод молекулярных щупов. Методика и алгоритм определения пикнометрической плотности.
- 13 Интегральная и дифференциальная теплоты сорбции. Методы определения теплоты сорбции – прямые и косвенные. Алгоритм проведения определения.
- 14 Водородная связь.
- 15 Уравнение изотерм адсорбции по Гиббсу, Фрейндлиху.
- 16 Теория капиллярной конденсации. Внутреннее давление. Капиллярное давление. Уравнение Лапласа. Уравнение Томсона.
- 17 Явление гистерезиса. Зависимость вида петли гистерезиса от формы пор.
- 18 Построение на основе десорбционной ветви ИА интегральной и дифференциальной структурных кривых. Исправленные структурные кривые. Методы определения толщины пленки в момент образования мениска, t-метод.
- 19 Ртутная порометрия. Смысл метода. Определяемые методом параметры ПС. Аппаратура и алгоритм определения.
- 20 Определение величины удельной поверхности мезопор сорбционным методом (Киселев А.В.). Алгоритм определения.
- 21 Расчет ветви десорбции ИА какого-либо пара по известной ветви десорбции ИА для данного пара.
- 22 Адсорбционная теория Лэнгмюра – предпосылки, вывод и анализ уравнения, достоинства и недостатки.
- 23 Потенциальная теория адсорбции (Поляни-Лондона). Допущения; понятие адсорбционного потенциала; основная задача теории; основное уравнение теории; характеристическая кривая. Расчет семейства ИА по характеристической кривой.
- 24 Теория БЭТ – основные положения теории, уравнение адсорбции по БЭТ, анализ уравнения. Достоинства и недостатки теории.
- 25 Теория объемного заполнения микропор (ТОЗМи): основные предпосылки, основное уравнение, современное состояние.
- 26 Физический смысл констант  $E$  и  $n$  термического уравнения адсорбции.

- 27 Методика нахождения  $E$  и  $n$  по экспериментальной изотерме адсорбции (ИА).
- 28 Переход от уравнения Дубинина-Астахова к уравнению Дубинина-Радушкевича. Физический смысл величины  $B$  в уравнении Дубинина-Радушкевича.
- 29 Термический коэффициент предельной адсорбции. Вид уравнения изотермы адсорбции для любого пара при любой температуре.
- 30 Классификация активных углей (АУ) по степени обгара. Как изменяются параметры пористой структуры (ПС) и свойства углей по мере роста величины обгара?
- 31 Адсорбция паров в предкритической области.
- 32 Адсорбция газов. Вид уравнения ИА.
- 33 Коэффициент подобия.
- 34 Классификация сорбентов по происхождению, типу ПС, природе, составу.
- 35 Связь особенностей пористой структуры и химии поверхности сорбционно-каталитических материалов (активные угли, цеолиты, силикагели, активный оксид алюминия, ионообменные смолы, нанесенные катализаторы) с их свойствами и областями применения.
- 36 Теория хемосорбции.
- 37 Избирательность адсорбции. Коэффициент разделения. Общие закономерности адсорбции смесей. Расчет адсорбции бинарной смеси паров (газов) на основе теории Лэнгмюра. Приближенное определение коэффициента разделения.
- 38 Кинетика адсорбции. Понятие. Основные закономерности. Методика и алгоритм проведения исследования. Основные зависимости.
- 39 Кинетика десорбции. Понятие. Основные закономерности. Методика и алгоритм проведения исследования. Основные зависимости.
- 40 Динамика адсорбции. Формирование фронта адсорбции.
- 41 Динамика адсорбции. Режим параллельного переноса. Понятие работающего слоя.
- 42 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 и алгоритм определения выходной кривой.
- 43 Динамика адсорбции. Уравнение Шилова. Определение высоты работающего слоя. Коэффициент защитного действия. Методика и алгоритм определения. Прогнозирование защитных характеристик слоя сорбента.
- 44 Динамика многокомпонентной адсорбции.
- 45 Особенности сорбции из жидких фаз. Избирательность и вытеснительный характер адсорбции веществ из растворов. Взаимодействие растворителя с поверхностью сорбента и с растворенным веществом. Специфическое и дисперсионное взаимодействие.
- 46 Особенности сорбции из жидких фаз. Определение величины Гиббсовской адсорбции. Виды изотерм гиббсовской адсорбции.
- 47 Особенности сорбции из жидких фаз. Влияние природы среды на адсорбцию, критерии оценки поведения растворителя.
- 48 Ионный обмен. Ионообменные материалы, классификация, свойства. Матрица, обменный комплекс, противоионы и коионы.
- 49 Особенности сорбции из жидких фаз. Изотерма изменения состава раствора. Классификация изотерм адсорбции по Гилльсу. Методика и алгоритм определения изотермы адсорбции.
- 50 Особенности сорбции из жидких фаз. Уравнение ИА Гиббса, Лэнгмюра и Фрейндлиха.
- 51 Особенности сорбции из жидких фаз. Классификация изотерм адсорбции из жидких фаз по Смитту.
- 52 Особенности сорбции из жидких фаз. Адсорбция неэлектролитов из растворов.

- 53 Особенности сорбции из жидких фаз. Адсорбция электролитов из растворов.
- 54 Особенности сорбции из жидких фаз. Кинетика сорбции из водных растворов. Факторы, влияющие на скорость сорбции.
- 55 Особенности сорбции из жидких фаз. Динамика сорбции из водных растворов. Методика получения выходной кривой. Уравнение Шилова, Стадника, Бохарда-Адамса.
- 56 Явление катализа. Понятие катализатора. Классификация каталитических процессов.
- 57 Гомогенный катализ. Примеры.
- 58 Особенности гетерогенного катализа. Примеры процессов.
- 59 Кислотный катализ
- 60 Основной катализ.
- 61 Автокатализ.
- 62 Ферментативный катализ. Особенности и применение.
- 63 Понятие снижения пороговой энергии каталитического процесса. Скорость каталитической реакции. Каталитические ряды.
- 64 Специфичность и селективность катализаторов.
- 65 Основные теории катализа. Адсорбционная теория катализа (стадии каталитического процесса).
- 66 Основные теории катализа. Теория активированного комплекса.
- 67 Каталитическая теория мультиплетов.
- 68 Теория мультиплетов.
- 69 Теория активных столкновений.
- 70 Теория элементарных взаимодействий.
- 71 Катализаторы. Требования, предъявляемые к катализаторам. Влияние величины удельной поверхности и пористости на активность катализаторов.
- 72 Промышленный катализ. Конверсия, селективность, выход продукта.
- 73 Природные катализаторы и их активация.
- 74 Технология получения нанесенного катализатора методом пропитки. Требования, предъявляемые к основе.
- 75 Цеолиты, особенности строения и поверхности, применение в катализе.
- 76 Материальный и тепловой баланс динамики сорбции.
- 77 Модель равновесной изотермической адсорбции, уравнения Викке и Вильсона, размывание фронта сорбции.
- 78 Модель неравновесной изотермической адсорбции. Дополнительные факторы размывания фронта сорбции.
- 79 Модель адиабатической (неизотермической) сорбции.
- 80 Модель сорбции в движущемся слое. Разделение природного газа на установках движущегося слоя. Достоинства.
- 81 Модель сорбции во взвешенном слое. Особенности работы слоя.

При сдаче экзамена, студент получает два вопроса из перечня, приведенного выше. Время подготовки студента к устному ответу на вопросы - до 45 мин.

#### **4. 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.