

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Пекаревский Борис Владимирович  
Должность: Проректор по учебной и методической работе  
Дата подписания: 27.10.2023 13:43:54  
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**  
**ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОЦЕССОВ СОРБЦИИ**

Направление подготовки

**18.03.01 Химическая технология**

Направленность программы бакалавриата

**Технология сорбентов и процессов газо- и водоочистки на их основе**

Квалификация

**Бакалавр**

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
заведующий кафедрой		профессор В.В. Самонин
доцент		Е.А. Спиридонова

Рабочая программа дисциплины «Физико-химические основы процессов сорбции»  
обсуждена на заседании кафедры химии и технологии материалов и изделий сорбционной  
техники

протокол от « 12 » апреля 2021 № 6

Заведующий кафедрой

В.В. Самонин

Одобрено учебно-методической комиссией факультета химической и биотехнологии  
протокол от « 20 » апреля 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.....	06
3. Объем дисциплины .....	06
4. Содержание дисциплины	
4.1. Разделы дисциплины и виды занятий.....	07
4.2. Занятия лекционного типа.....	08
4.3. Занятия семинарского типа.....	10
4.3.1. Семинары, практические занятия .....	10
4.3.2. Лабораторные занятия.....	11
4.4. Самостоятельная работа.....	12
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине .....	12
6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации.....	12
7. Перечень учебных изданий, необходимых для освоения дисциплины .....	13
8. Перечень электронных образовательных ресурсов, необходимых для освоения дисциплины.....	14
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.....	14
10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине	
10.1. Информационные технологии.....	14
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 .....	15
12. Особенности освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья .....	15
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 бакалавриата 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 понимать основные физико-химические закономерности сорбционных процессов</p>	<p><b>ПК-2.1</b> Знание основных физико-химических теорий описания сорбционных явлений</p>	<p><b>Знать:</b> основные сорбционные явления, основы процесса адсорбции, хемосорбции и капиллярной конденсации, основные физико-химические теории процессов сорбции (ЗН-1); <b>Уметь:</b> анализировать изотермы, изохоры и изостеры адсорбции, рассчитывать основные структурные характеристики сорбентов из изотерм сорбции, оценивать эффективность применения сорбента на основе изотермы сорбции (У-1); <b>Владеть:</b> навыками определения изотерм сорбции (Н-1);</p>
	<p><b>ПК-2.5</b> Знание особенностей строения токсикантов различной природы и способы их удаления</p>	<p><b>Знать:</b> классификацию вредных веществ, классификацию методов очистки газовых и жидких сред (ЗН-2); <b>Уметь:</b> оценивать токсичность адсорбатов и хемосорбатов, обоснованно рекомендовать способ удаления вещества (У-2); <b>Владеть:</b> навыками расчета коэффициентов аффинности, пересчета изотерм адсорбции для различных адсорбатов и температур (Н-2);</p>
<p><b>ПК-3</b> Способен использовать знания о строении сорбентов и катализаторов на их основе для получения материалов с заданными свойствами.</p>	<p><b>ПК-3.1</b> Знание строения и свойств сорбентов различного состава и катализаторов на их основе</p>	<p><b>Знать:</b> основные виды сорбентов и катализаторов на их основе, особенности их строения и свойств, области применения (ЗН-3); <b>Уметь:</b> объяснять механизм сорбции на сорбентах различной природы (У-3); <b>Владеть:</b> навыками оценки связи строение - свойства сорбентов и катализаторов на их основе (Н-3);</p>

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения (дескрипторы)
	<p><b>ПК-3.2</b> Знание зависимости сорбционных свойств материала от его структуры</p>	<p><b>Знать:</b> влияние строения пористой структуры и поверхности сорбента на сорбционные и свойства материала (ЗН-4);</p> <p><b>Уметь:</b> объяснять механизм сорбции с учетом особенностей строения сорбента (У-4);</p> <p><b>Владеть:</b> навыками оценки связи свойства - применение сорбентов и катализаторов на их основе (Н-4).</p>

## 2. Место дисциплины в структуре образовательной программы.

Дисциплина относится к части формируемой участниками образовательных отношений Блока 1 «Дисциплины» образовательной программы бакалавриата (Б1.В.02) изучается на 3 курсе, в 5 семестре;

В методическом плане дисциплина опирается на элементы компетенций, сформированные при изучении дисциплин «Общая и неорганическая химия» и «Органическая химия». Полученные в процессе изучения дисциплины «Физико-химические основы процессов сорбции» знания, умения и навыки могут быть использованы при изучении дисциплин «Динамика сорбции», «Промышленная адсорбция», «Химия и технология адсорбентов, хемосорбентов, катализаторов и твердых источников кислорода», «Принципы создания систем жизнеобеспечения», «Оборудование и основы проектирования заводов по производству материалов и изделий сорбционной техники», «Новое в химии и технологии сорбентов», «Технология средств индивидуальной и коллективной защиты органов дыхания / Применение сорбирующих изделий в чрезвычайных ситуациях в средствах защиты органов дыхания», «Методы исследования высокодисперсных и пористых тел / Методы аттестации параметров пористой структуры и свойств сорбентов», при прохождении 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>98</b>
занятия лекционного типа	36
занятия семинарского типа, в т.ч.	-
семинары, практические занятия (в том числе практическая подготовка)*	-
лабораторные работы (в том числе практическая подготовка)	54 (27)
курсовое проектирование (КР или КП)	-
КСР	8
другие виды контактной работы	-
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>46</b>
<b>Форма текущего контроля</b> (Кр, реферат, РГР, эссе)	-
<b>Форма промежуточной аттестации</b> (КР, КП, зачет, экзамен)	<b>Экзамен/36</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.	Понятие сорбции. Классификация сорбционных процессов. Адсорбционные и поверхностные явления	4	-	-	4	ПК-2	ПК-2.1, ПК-2.5
2.	Физическая адсорбция как вид сорбционных явлений, силы физической адсорбции.	4	-	-	6		ПК-2.1, ПК-3.1
3.	Хемосорбция	2	-	-	6		ПК-2.1, ПК-3.1
4.	Классификация адсорбентов. Особенности строения сорбентов и их свойств	6	-	14	6		ПК-3.1, ПК-3.2
5.	Виды хемосорбентов. Особенности строения сорбентов и их свойств.	2	-	-	6		ПК-3.1, ПК-3.2
6.	Теоретические закономерности физической адсорбции: классические теории, теория объемного заполнения микропор	10	-	16	6		ПК-2.5, ПК-3.1, ПК-3.2
7.	Капиллярная конденсация как механизм заполнения пор адсорбентов	4	-	16	6		ПК-2.1, ПК-3.1, ПК-3.2
8.	Особенности сорбции из жидких сред	4	-	8	6		ПК-2.5, ПК-3.2

#### 4.2. Занятия лекционного типа.

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
1	<p>Понятие сорбции. Классификация сорбционных процессов. Адсорбционные и поверхностные явления.</p> <p>Понятие дисперсности, пористости, поверхности. Классификация частиц по размерам. Сорбенты – нанопористые материалы. Поры. Интегральная и дифференциальная кривые распределения объема пор по радиусам. О строении реальных твердых тел. Губчатая структура. Корпускулярная структура. Назначение сорбентов. Очистка газов. Очистка жидкостей.</p> <p>Адсорбция, абсорбция, хемосорбция. Физическая адсорбция. Капиллярная конденсация. Абсорбция. Химическая адсорбция. Хемосорбция. Процесс хемосорбции. Механизм процесса поглощения на ХПИ. Факторы, влияющие на адсорбцию (величину и энергию адсорбции). Природа адсорбционных сил. Сравнение особенностей физической и хемосорбции.</p> <p>Способы удаления вредных веществ. Применение сорбентов. Защита окружающей среды. Противогазы. Фильтрующие противогазы. Изолирующие противогазы. Очистка газов от паров летучих растворителей Адсорбционная система улавливания паров бензина на автомобилях. Осушка газовых сред</p>	4	
2	<p>Физическая адсорбция как вид сорбционных явлений, силы физической адсорбции.</p> <p>Адсорбция. Физическая адсорбция. Силы Ван-дер-Ваальса. Ориентационные силы. Индукционные силы. Дисперсионные силы. Водородная связь.</p> <p>Явление адсорбции. Равновесная адсорбция. Изотермы адсорбции. Обратимые и необратимые сорбционные процессы. Изотермы, изопикны, изостеры адсорбции. Теплоты сорбции и их роль для характеристики сорбционных процессов. Интегральная теплота сорбции. Дифференциальная теплота сорбции. Классификация изотерм адсорбции.</p>	4	
3	<p>Хемосорбция.</p> <p>Гидролиз и нейтрализация кислых вредных</p>	2	



№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
	веществ. Нейтрализация основных вредных веществ. Поглощение вредных веществ с образованием комплексных соединений. Процесс хемосорбции. Механизм процесса поглощения на ХПИ.		
4	<p>Классификация адсорбентов. Особенности строения сорбентов и их свойств</p> <p>Основные представления о сорбентах и их пористой структуре. Углеродные адсорбенты. Микроструктура (наноструктура) углерода. Активные угли. Микроструктура. Пористая структура. Гели-сорбенты. Неорганические сорбенты. Силикагели. Поверхность силикагелей. Сорбционная способность силикагелей по парам воды. Активный оксид алюминия. Пористая структура. Цеолиты. Пористая структура. Ионообменные смолы. Схема ионного обмена. Пористые носители для каталитических добавок. Катализ. Катализаторы на основе активных углей.</p>	6	лекция-визуализация
5	<p>Виды хемосорбентов. Особенности строения сорбентов и их свойств.</p> <p>Химические поглотители. Классификация химических поглотителей.</p>	2	
6	<p>Теоретические закономерности физической адсорбции: классические теории, теория объемного заполнения микропор</p> <p>Теория мономолекулярной адсорбции. Уравнение Ленгмюра. Потенциальная теория адсорбции (Теория Поляни). Характеристическая кривая. Теория полимолекулярной адсорбции. Уравнение БЭТ. Основные положения теории. Недостатки теории. Распределение потенциала над плоской поверхностью и в щели. Влияние природы адсорбата на распределение потенциала по объему (на характеристическую кривую).</p> <p>Теория объемного заполнения микропор. Отличительная особенность. Уравнение Дубинина-Радушкевича (в термической форме). Коэффициент аффинности. Степень заполнения и его значение для выбора оптимального адсорбента. Адсорбция паров в предкритической области. Адсорбция газа.</p>	10	

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
	Отличие ТОЗМи от Теории Поляни. Характеристическая энергия адсорбции. Основные уравнения ТОЗМи. Температурная инвариантность характеристического уравнения адсорбции. Термический коэффициент предельной адсорбции. ТОЗМи для смеси адсорбатов.		
7	Капиллярная конденсация как механизм заполнения пор адсорбентов  Относительное давление. Упругостью паров жидкости. Летучесть вещества. Поверхностное натяжение. Теория капиллярной конденсации. Основное уравнение. Капиллярная конденсация и его роль в общем сорбционном процессе. Явление сорбционного гистерезиса. Причины капиллярной конденсации. Расчет параметров мезопор. Толщина пленки на поверхности мезопор. Поправка на сорбцию на мезопорах.	4	
8	Особенности сорбции из жидких сред.  Сорбция из растворов. Принципиальное отличие адсорбции газов и паров. Адсорбция из растворов. Сорбционная очистка природных и сточных вод на активных углях. Структура жидкой воды. Водородные связи. Структура воды в жидком состоянии. Клатратные теории строения. Кластерный тип. Структура водных растворов на примере неорганических солей. Структура водных растворов неэлектролитов. Структура жидкой воды и водных растворов органических веществ. Избирательность и вытеснительный характер. Применимость адсорбентов для очистки водных растворов от органических веществ. Изотермы сорбции. Уравнение Фрейндлиха. Уравнение Лэнгмюра. Уравнение Генри. Эльтеков и Стадник. Уравнение Гиббса. Когановский. Сорбция органических веществ из воды. Многокомпонентная адсорбция. Хроматография. Избирательность и селективность. Коэффициент разделения.	4	

### 4.3. Занятия семинарского типа.

#### 4.3.1. Семинары, практические занятия.

Практические занятия не предусмотрены учебным планом.

### 4.3.2. Лабораторные работы

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы		Примечания
		всего	в том числе на практическую подготовку	
2	<p>Определение параметров пористой структуры углеродных материалов.</p> <p>Определение суммарного объема пор, определение предельного объема сорбционного пространства, определение предельного объема адсорбционного пространства.</p>	14	7	
4	<p>Определение изотермы сорбции углеродных сорбентов из газовой фазы</p> <p>Экспериментальное определение изотермы сорбции в динамических условиях. Калибровка капилляров. Определение изотермы сорбции по бензолу. Определение изотермы сорбции по циклогексану. Расчет изотермы сорбции по циклогексану. Расчет характеристической энергии адсорбции.</p>	16	8	
4	<p>Определение изотермы сорбции по парам воды в статических условиях. Оценка гидрофобности поверхности сорбента.</p> <p>Определение изотермы сорбции эксикаторным методом и в динамических условиях. Сравнение изотерм сорбции. Оценка гидрофобности.</p>	16	8	
6	<p>Изучение процесса сорбции органических кислот из водной среды в статических условиях.</p> <p>Сорбция органических кислот из воды на сорбентах.</p> <p>Математическое описание изотерм сорбции с использованием уравнений Ленгмюра, Генри и Фрейндлиха.</p>	8	4	

#### 4.4. Самостоятельная работа обучающихся.

№ раздела дисциплины	Перечень вопросов для самостоятельного изучения	Объем, акад. часы	Форма контроля
1	Понятие наноматериалов. Особенности нанопористых материалов.	4	Устный опрос № 1
2	Межмолекулярные взаимодействия – ориентационные, индукционные и дисперсионные силы	6	Устный опрос № 1
3	Отличительные особенности процессов хемосорбции и адсорбции	6	Устный опрос № 2
4	Область применения процессов хемосорбции. Катализ. Общие положения каталитической теории.	6	Устный опрос № 2
5	Функциональные группы на поверхности адсорбентов – углеродных и неорганических.	6	Устный опрос № 3
6	Применение процессов сорбции для очистки газовых сред.	6	Устный опрос № 3
7	Сорбция как основа процессов хроматографии.	6	Устный опрос № 4
8	Особенности сорбции из жидких сред по сравнению с газовыми средами. Хроматографический эффект. Примеры сорбционных технологий для очистки жидких сред.	6	Устный опрос № 4

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

Пример темы курсовой работы:

Пример варианта вопросов на экзамене:

Экзаменационный билет № 1

1. Модельные типы структур пористых тел
2. Хемосорбция. Механизм хемосорбции на примере поглощения углекислого газа на ХПИ

Фонд оценочных средств по дисциплине представлен в Приложении № 1

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

**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. 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.
3. 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
4. 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. - Новосибирск: издательство Новосибирского университета, 2010. - 188 с. – ISBN 978-5-94356-934-0.

**б) электронные учебные издания:**

1. Использование модифицированных сорбционно-активных материалов для обеззараживания воды : Практикум / Е.А.Спиридонова, А.Д. Тихомирова, 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), 2016.-56 с. // СПбГТИ. Электронная библиотека. - URL: <https://technolog.bibliotech.ru> (дата обращения: 05.04.2021). - Режим доступа: для зарегистрир. пользователей.
2. Григорьева, Л.В. Измерение изотермы адсорбции по парам воды в статических условиях : 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: 05.04.2021). - 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: 05.04.2021). - Режим доступа: для зарегистрир. пользователей.
4. Волков, В. А. Коллоидная химия. Поверхностные явления и дисперсные системы : учебник / В. А. Волков. - Санкт-Петербург : Лань, 2021. - 672 с. - ISBN 978-5-8114-1819-0. // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com> (дата обращения: 05.04.2021). - Режим доступа: по подписке.
  5. Ягодковский, В. Д. Адсорбция : учебное пособие / В. Д. Ягодковский. - Москва : Лаборатория знаний, 2020. - 219 с. - ISBN 978-5-00101-656-4. // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com> (дата обращения: 05.04.2021). - Режим доступа: по подписке.
  6. Морачевский, А. Г. Физическая химия. Поверхностные явления и дисперсные системы : учебное пособие / А. Г. Морачевский. – Санкт-Петербург : Лань, 2021. – 160 с. – ISBN 978-5-8114-1857-2. // Лань : электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/168815> (дата обращения: 05.04.2021). – Режим доступа: по подписке.

## **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 «Физико-химические основы процессов сорбции» 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.**

Помещения оснащены мебелью, посадочных мест 20-30. Для проведения лекционных и семинарских занятий имеются, 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 работ по данной дисциплине используются весы ВМК 1501, весы ВМК 651, весы аналитические ВЛР-200, установки ВТА, колориметр КФК-2, ультратермостат 2-15С, электрошкаф сушильный, перемешивающее устройство LOIP LS.

## **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 «Физико-химические основы процессов сорбции»**

**1. Перечень компетенций и этапов их формирования.**

Индекс компетенции	Содержание	Этап формирования
ПК-2	Способен понимать основные физико-химические закономерности сорбционных процессов	промежуточный
ПК-3	<b>Способен использовать знания о строении сорбентов и катализаторов на их основе для получения материалов с заданными свойствами.</b>	начальный



## 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)
<b>ПК-2.1</b> Знание основных физико-химических теорий описания сорбционных явлений	<b>Приводит классификацию</b> основных сорбционных явлений, <b>знает</b> основы процесса адсорбции, хемосорбции и капиллярной конденсации, <b>описывает</b> основные физико-химические теории процессов сорбции (ЗН-1);	Правильные ответы на вопросы к экзамену № 1-9, 29-32	С подсказками преподавателя рассказывает классификацию сорбционных процессов; дает примерное определение понятиям дисперсность, пористость; приводит не полную классификацию сорбентов; с ошибками рассказывает про основные процессы адсорбции, абсорбции, хемосорбции; с ошибками приводит примеры межмолекулярных взаимодействий	Рассказывает классификацию сорбционных процессов; дает примерное определение понятиям дисперсность, пористость; приводит не полную классификацию сорбентов; рассказывает про основные процессы адсорбции, абсорбции, хемосорбции; с ошибками приводит примеры межмолекулярных взаимодействий	Уверенно рассказывает классификацию сорбционных процессов; дает определение понятиям дисперсность, пористость; приводит классификацию сорбентов; подробно излагает основы процесса адсорбции, абсорбции, хемосорбции; приводит примеры межмолекулярных взаимодействий, рассказывает об адсорбционных силах.
	<b>представляет и анализирует</b> изотермы, изохоры и изостеры адсорбции, <b>рассчитывает</b> основные структурные характеристики сорбентов из изотерм сорбции, <b>оценивает</b> эффективность применения сорбента на основе изотермы сорбции (У-1);	Выполнение лабораторных работ и отчетов по ним, правильные ответы на вопросы к экзамену № 10, 11, 13-22, 33-35	С ошибками изображает графические зависимости сорбционных процессов, путается в их обозначении и видах, путается в порядке пересчета от одного вида кривой к другой, с ошибками и методическими	Схематично изображает изотермы, изохоры, изостеры, объясняет правила построения данных зависимостей; с подсказками преподавателя рассчитывает параметры сорбентов из изотерм сорбции, объясняет как определить	Схематично изображает изотермы, изохоры, изостеры, объясняет правила построения данных зависимостей; самостоятельно рассчитывает параметры сорбентов из изотерм сорбции, объясняет как определить

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Показатели сформированности (дескрипторы)	Критерий оценивания	Уровни сформированности (описание выраженности дескрипторов)		
			«удовлетворительно» (пороговый)	«хорошо» (средний)	«отлично» (высокий)
			подсказками составляет алгоритм расчета параметров сорбентов .	эффективность сорбента из изотермы сорбции.	эффективность сорбента из изотермы сорбции.
	<b>демонстрирует</b> навыки определения и обсчета изотерм сорбции и (Н-1);		С ошибками демонстрирует расчет параметров сорбентов на основе изотермы сорбции; с использованием методических указаний проводит расчет параметров изотермы сорбции в соответствии с теорией объемного заполнения микропор	Демонстрирует навыки расчета различных параметров на основе изотерм сорбции с использованием теории объемного заполнения микропор с подсказками преподавателя.	Демонстрирует навыки расчета различных параметров на основе изотерм сорбции с использованием теории объемного заполнения микропор.
<b>ПК-2.5</b> Знание особенностей строения токсикантов различной природы и способы их удаления	<b>приводит</b> классификацию вредных веществ, классификацию методов очистки газовых и жидких сред (ЗН-2);	Правильные ответы на вопросы к экзамену № 12, 36-47	Приводит некоторые примеры классификации методов очистки, очень кратко рассказывает об областях применения сорбентов.	Приводит некоторые примеры классификации частиц по размерам, классификацию методов очистки от вредных веществ, но подробно рассказывает об областях применения сорбентов.	Приводит классификацию частиц по размерам, классификацию методов очистки от вредных веществ, рассказывает об областях применения сорбентов.
	<b>анализирует</b> токсичность адсорбатов и хемосорбатов, <b>сопоставляет</b> и <b>рекомендует</b> способы удаления вещества (У-2);	Правильные ответы на вопросы к экзамену № 46, 47	Предлагает методы очистки от вредных веществ только с использованием литературных источников	Анализирует токсичность различных веществ и возможные методы их удаления, но не может привести примеры применения данных методов очистки в реальных процессах	С использованием справочных данных оценивает токсичность различных веществ; анализирует методы удаления вредных веществ, область применения данных методов в реальных

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Показатели сформированности (дескрипторы)	Критерий оценивания	Уровни сформированности (описание выраженности дескрипторов)		
			«удовлетворительно» (пороговый)	«хорошо» (средний)	«отлично» (высокий)
					процессах
	<b>рассчитывает</b> коэффициентов аффинности, изотермы адсорбции для различных адсорбатов и температур (Н-2);	Выполнение лабораторных работ и отчетов по ним, правильные ответы на вопросы к экзамену № 23-28	Знает порядок расчета коэффициентов аффинности, сам расчет производит с ошибками, производит пересчет изотерм сорбции для различных адсорбатов и температур, но не может объяснить данные закономерности.	С ошибками рассчитывает коэффициенты аффинности из изотерм адсорбции, объясняет алгоритм пересчета изотерм адсорбции для различных адсорбатов и температур.	Правильно рассчитывает коэффициенты аффинности из изотерм адсорбции, алгоритм пересчета изотерм адсорбции для различных адсорбатов и температур.
<b>ПК-3.1</b> Знание строения и свойств сорбентов различного состава и катализаторов на их основе	<b>приводит</b> основные виды сорбентов и катализаторов на их основе, <b>рассказывает об</b> особенностях их строения и свойствах, <b>перечисляет</b> области применения (ЗН-3);	Правильные ответы на вопросы к экзамену № 48-57	С подсказками преподавателя рассказывает о сорбентах, их строении и свойствах, но не может описать связь особенностей строения и области их применения.	Кратко рассказывает про основные виды сорбентов, поясняет особенности их строения, приводит связь особенностей строения и области их применения; знает различные области применения сорбентов	Подробно рассказывает про основные виды сорбентов, поясняет особенности их строения, приводит связь особенностей строения и области их применения; знает различные области применения сорбентов.
	<b>объясняет</b> механизм сорбции на сорбентах различной природы (У-3);	Выполнение лабораторных работ и отчетов по ним, правильные ответы на вопросы к экзамену № 52-56, 61-63	Представляет графические зависимости, но не может объяснить механизм сорбции, не приводит основные уравнения для описания процессов сорбции.	Представляет различные графические зависимости свойств сорбента, и с подсказками преподавателя объясняет механизмы сорбции с позиции физико-химических основ; приводит основные уравнения для описания	Представляет различные графические зависимости свойств сорбента, объясняет механизмы сорбции с позиции физико-химических основ; приводит основные уравнения для описания различных видов

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Показатели сформированности (дескрипторы)	Критерий оценивания	Уровни сформированности (описание выраженности дескрипторов)		
			«удовлетворительно» (пороговый)	«хорошо» (средний)	«отлично» (высокий)
				различных видов механизмов сорбции; различает механизмы сорбции в зависимости от строения материалов, с неточностями характеризует изотермы сорбции	механизмов сорбции; различает механизмы сорбции в зависимости от строения материалов, правильно характеризует изотермы сорбции.
	<b>владеет</b> навыками оценки связи строение - свойства сорбентов и катализаторов на их основе (Н-3);	Выполнение лабораторных работ и отчетов по ним, правильные ответы на вопросы к экзамену № 49, 58-60	Не владеет навыками оценки свойств сорбентов и катализаторов, но может предположить взаимосвязь строения и свойств пористых материалов.	Владеет навыками оценки свойств сорбентов и катализаторов и может предположить взаимосвязь строения и свойств пористых материалов.	Владеет навыками оценки свойств сорбентов и катализаторов. Демонстрирует связь строение – свойства, правильно изображает графические зависимости, характеризующие связь строение – свойства
<b>ПК-3.2</b> Знание зависимости сорбционных свойств материала от его структуры	<b>описывает</b> влияние строения пористой структуры и поверхности сорбента на сорбционные и свойства материала (ЗН-4);	Правильные ответы на вопросы к экзамену № 52-57	С подсказками преподавателя рассказывает о влиянии строения пористой структуры и поверхности сорбента на сорбционные свойства материала; с ошибками приводит примеры поверхностных групп сорбентов различной природы.	Правильно, но не полно рассказывает о влиянии строения пористой структуры и поверхности сорбента на сорбционные свойства материала; правильно приводит некоторые примеры поверхностных групп сорбентов различной природы.	Правильно и подробно рассказывает о влиянии строения пористой структуры и поверхности сорбента на сорбционные свойства материала; правильно приводит примеры поверхностных групп сорбентов различной природы.

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Показатели сформированности (дескрипторы)	Критерий оценивания	Уровни сформированности (описание выраженности дескрипторов)		
			«удовлетворительно» (пороговый)	«хорошо» (средний)	«отлично» (высокий)
			природы.		
	<b>объясняет</b> механизм сорбции с учетом особенностей строения сорбента (У-4);	Выполнение лабораторных работ и отчетов по ним, правильные ответы на вопросы к экзамену № 52-57	Без объяснений и с ошибками предполагает механизм сорбции различных веществ на сорбентах различной природы	Правильно предполагает механизм сорбции различных веществ на сорбентах различной природы; но не объясняет механизмы сорбции, характерные для сорбентов данного строения.	Правильно предполагает механизм сорбции различных веществ на сорбентах различной природы; объясняет механизмы сорбции, характерные для сорбентов данного строения.
	<b>анализирует</b> связь свойства - применение сорбентов и катализаторов на их основе (Н-4).	Выполнение лабораторных работ и отчетов по ним, правильные ответы на вопросы к экзамену № 64	С ошибками проводит анализ свойств сорбентов и области их применения	Кратко демонстрирует преимущества и недостатки использования сорбентов с учетом их свойств в различных областях	Правильно демонстрирует преимущества и недостатки использования сорбентов с учетом их свойств в различных областях

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

1. Понятие дисперсности, пористости, поверхности
2. Понятие сорбции. Разновидности сорбции
3. Физическая адсорбция. Особенности физической адсорбции
4. Понятие хемосорбции. Пример хемосорбционного процесса
5. Природа адсорбционных сил. Физическая адсорбция и химическая адсорбция.
6. Межмолекулярные силы. Виды и их особенности
7. Водородная связь в процессе адсорбции. Пример
8. Основные отличия физической адсорбции и хемосорбции
9. Явление адсорбции. Уравнение Гиббса
10. Изотермы, изопикны, изостеры адсорбции
11. Теплоты сорбции и их роль для характеристики сорбционных процессов
12. Изотермы адсорбции. Классификация
13. Теория мономолекулярной адсорбции. Уравнение Ленгмюра
14. Уравнение Ленгмюра. Предельные случаи. Уравнение Генри
15. Уравнение Ленгмюра при адсорбции из смеси газов
16. Потенциальная теория адсорбции (Теория Поляни)
17. Характеристическая кривая теории Поляни
18. Теория полимолекулярной адсорбции. Уравнение БЭТ
19. Предельные случаи уравнения БЭТ
20. Определение удельной поверхности по теории БЭТ
21. Недостатки теории БЭТ
22. Распределение потенциала над плоской поверхностью и в щели
23. Влияние природы адсорбата на распределение потенциала по объему (на характеристическую кривую)
24. Особенности ТОЗМи
25. Уравнение Дубинина-Радушкевича
26. Отличие ТОЗМи от теории Поляни
27. Понятие характеристической энергии адсорбции
28. Температурная инвариантность характеристического уравнения адсорбции
29. Теория капиллярной конденсации. Уравнение Томпсона-Кельвина
30. Механизм процесса капиллярной конденсации и его роль в общем сорбционном процессе
31. Явление сорбционного гистерезиса
32. Причины капиллярной конденсации
33. Расчет параметров мезопор
34. Толщина пленки на поверхности мезопор
35. Поправка на сорбцию на мезопорах
36. Отличительные особенности адсорбции из газовой и жидкой фаз
37. Особенности строения жидкой воды
38. Понятие гидратации. Структура водных растворов
39. Классификация изотерм сорбции из воды
40. Уравнения для описания изотерм сорбции из воды
41. Термодинамический подход для описания сорбции из воды
42. Особенности сорбции органических веществ из воды
43. Влияние температуры на процесс сорбции из воды
44. Понятие избирательности и вытеснительной сорбции
45. Понятие многокомпонентной адсорбции
46. Классификация вредных веществ. Способы их удаления.
47. Классификация методов очистки газовых и жидких сред. Область их применений

**б) Вопросы для оценки знаний, умений и навыков, сформированных у студента по компетенции ПК-3:**

48. Классификация пор по размерам
49. Интегральная и дифференциальная кривые распределения объемов по размеру
50. Модельные типы структур пористых тел
51. Классификация сорбентов. Примеры
52. Активные угли. Общие представления о микроструктуре активных углей  
Активные угли. Пористая структура и свойства поверхности
53. Силикагели. Общие представления о структуре и их свойствах
54. Активный оксид алюминия. Общие представления о структуре и его свойствах
55. Цеолиты. Общие представления о структуре. Особенности пористой структуры цеолитов
56. Ионообменные смолы. Классификация ионитов. Понятие ионного обмена
57. Химические поглотители. Общие представления
58. Понятие коэффициента аффинности
59. Особенности уравнения Дубинина-Радускевича для активных углей различного типа
60. Степень заполнения и его значение для выбора оптимального адсорбента
61. Хемосорбция. Механизм хемосорбции на примере поглощения углекислого газа на ХПИ
62. Хемосорбция. Характеристика химических реакций, применяемых для поглощения вредных веществ
63. Хемосорбция. Классификация химических поглотителей
64. Классификация сорбентов в соответствии с областью применения

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 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»).