

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Пекаревский Борис Владимирович  
Должность: Проректор по учебной и методической работе  
Дата подписания: 15.09.2023 17:45:02  
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  
« 25 » июня 2019 г.

**Рабочая программа дисциплины**  
**ПОРИСТЫЕ НАНОМАТЕРИАЛЫ**

Направление подготовки

**28.04.03 Наноматериалы**

Направленность программы магистратуры  
**Наноматериалы для Промышленности 4.0**

Квалификация

**Магистр**

Форма обучения

**Очная**

Факультет **механический**

Кафедра **теоретических основ материаловедения**

Санкт-Петербург

2019

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Должность разработчика	Подпись	Ученое звание, фамилия, инициалы
Доцент		Огурцов К.А.

Рабочая программа дисциплины «Пористые наноматериалы» обсуждена на заседании кафедры теоретических основ материаловедения  
протокол от «06» июня 2019 № 8  
Заведующий кафедрой

М.М.Сычев

Одобрено учебно-методической комиссией механического факультета  
протокол от «21» июня 2019 № 11

Председатель

А.Н.Луцко

## СОГЛАСОВАНО

Руководитель направления подготовки «Наноматериалы»		М.М. Сычев
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. Формирование индикаторов достижения компетенций .....	07
4.3. Занятия лекционного типа.....	07
4.4. Занятия семинарского типа.....	12
4.4.1. Семинары, практические занятия .....	12
4.4.2. Лабораторные занятия.....	12
4.5. Самостоятельная работа.....	13
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине .....	13
6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации.....	14
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.....	16
10.2. Программное обеспечение.....	16
10.3. Базы данных и информационные справочные системы.....	16
11. Материально-техническое обеспечение освоения дисциплины в ходе реализации образовательной программы .....	16
12. Особенности освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья .....	17

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

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

Для 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-6</b> Способен обоснованно использовать знания основных типов металлических, неметаллических наноструктурированных и композиционных материалов различного назначения, в том числе наноматериалов для решения профессиональных задач.</p>	<p><b>ПК-6.5</b> Знание основных свойств, способов производства и областей применения пористых наноматериалов.</p>	<p><b>Знать:</b> - классификацию и свойства сорбентов (ЗН-1); - теоретические основы сорбции (ЗН-2); - теоретические основы протекания многокомпонентной сорбции (ЗН-3);</p> <p><b>Уметь:</b> - пользоваться методиками исследования с целью определения свойств сорбционных материалов (У-1); - использовать знания об областях и особенностях применения материалов и сорбционных процессов (У-2);</p>
<p><b>ПК-7</b> Способен осуществлять анализ, оценку надежности, экономичности и экологических последствий применения наноматериалов.</p>	<p><b>ПК-7.5</b> Просчитывание рисков при выборе пористых наноматериалов для заданной технологии.</p>	<p><b>Знать:</b> - классификацию, технологию получения, виды и свойства сорбционных материалов (ЗН-4); - особенности протекания процессов сорбции (ЗН-5); - особенности кинетики и динамики процессов сорбции и десорбции (ЗН-6);</p> <p><b>Уметь:</b> анализировать производственные риски при выборе марки и производителя наноструктурированных сорбционных материалов (У-3).</p>

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения (дескрипторы)
	<p><b>ПК-7.10</b> Оценка социальной значимости и ответственности при разработке новых технологий пористых наноматериалов.</p>	<p><b>Знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- закономерности протекания сорбционных процессов в газовых и водных средах (ЗН-7);</li> <li>- актуальные проблемы в области разработки, синтеза и применения наноструктурированных сорбционных материалов (ЗН-8).</li> </ul> <p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- поставить цель и определить задачи исследования наноструктурированных сорбционных материалов (У-4);</li> </ul>

## 2. Место дисциплины в структуре образовательной программы.

Дисциплина относится к части формируемой участниками образовательных отношений Блока 1 «Дисциплины» образовательной программы магистратуры (Б1.В.03.ДВ.01.02), является дисциплиной по выбору и изучается на 2 курсе в 4 семестре.

Полученные в процессе изучения дисциплины «Пористые наноматериалы» знания, умения и навыки могут быть использованы при прохождении преддипломной 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>4/144</b>
<b>Контактная работа с преподавателем:</b>	<b>62</b>
занятия лекционного типа	16
занятия семинарского типа, в т.ч.	36
семинары, практические занятия	36
лабораторные работы	-
курсовое проектирование (КР или КП)	-
КСР	10
другие виды контактной работы	-
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>82</b>
<b>Форма текущего контроля</b> (Кр, реферат, РГР, эссе)	-
<b>Форма промежуточной аттестации</b> (КР, КП, зачет, экзамен)	<b>Зачет</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
			Семинары и/или практические занятия	Лабораторные работы		
1.	Основные виды пористых наноматериалов	4	4	-	20	ПК-7
2.	Технологии получения сорбирующих материалов	6	6	-	22	ПК-7
3.	Основные положения теории сорбции	4	20	-	20	ПК-6
4.	Основные области применения сорбирующих материалов	2	6	-	20	ПК-6

##### 4.2 Формирование индикаторов достижения компетенций разделами дисциплины

№ п/п	Код индикаторов достижения компетенции	Наименование раздела дисциплины
1.	ПК-6.5	Основные положения теории сорбции Основные области применения сорбирующих материалов
2.	ПК-7.5 ПК-7.10	Основные виды пористых наноматериалов Технологии получения сорбирующих материалов

##### 4.3. Занятия лекционного типа.

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, академ. часы	Инновационная форма
1	<p><b>Основные виды пористых наноматериалов</b></p> <p>1 Пористая структура. Поверхностные явления. Сорбция. Величина удельной поверхности. Пористые тела. Эквивалентный радиус пор. Классификация пор по размерам. Понятие «пористая структура». Пористая структура адсорбентов, ее основные характеристики. Основные параметры пористой структуры (ПС). Истинная, пикнометрическая, кажущаяся, насыпная плотности.</p>	4	

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
	<p>2 Пористые наноматериалы. Структуры сложения и вычитания. Классификация пористых наноматериалов. Аэрогели, ксерогели, мембраны, самоорганизующиеся структуры. Активные угли, цеолиты, силикагели, активный оксид алюминия, ионообменные смолы, мезопористые мезофазные материалы, фуллерены, наноуглеродные материалы. Классификация, особенности пористой структуры и химии поверхности, свойства.</p> <p>3 Композиционные сорбирующие материалы и изделия. Нанопористые композиционные сорбционно-активные материалы (НКСАМ) особенности строения, закономерности синтеза, свойства, применение. Содержание: понятие композит, композиционный; особенности НКСАМ; понятие матрицы и наполнителя; зависимость свойств наполнителя и матрицы, их взаимное влияние на свойства получаемого наноразмерного материала; основные направления получения НКСАМ; классификация НКСАМ; методы получения НКСАМ. Блочные нанопористые композиционные сорбционно-активные материалы. Влияние формы на эксплуатационные, рабочие и общие характеристики изделий. Основы технологии получения. Особенности исследования параметров пористой структуры и сорбционной активности формованных изделий. Применение. причины создания и применения НКСАМ в виде отдельных изделий; достоинства блочных и формованных изделий; понятие "закрепленной шихты" и наноструктурированные углеродные фильтры, полученные по данной технологии. Направления получения блочных адсорбентов. Фильтры, блоки и развернутая шихта - области применения, особенности отработки. Характеристики нанопористой структуры изделий и материалов, их составляющих. Влияние воздействия энергии различных форм на протекание сорбционных процессов.</p>		
2	<p><b>Технологии получения сорбирующих материалов</b>  <i>Технология получения дисперсных сорбентов.</i>          Принципиальная блок схема и концептуальная модель переработки углеродсодержащего сырья в пористые углеродные материалы. Общая характеристика процессов получения пористых углеродных материалов. Требования к сырью. Принципиальная блок схема и концептуальная модель переработки углеродсодержащего сырья в</p>	6	

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
	<p>пористые углеродные материалы. Общая характеристика процессов получения пористых углеродных материалов. Дробление, измельчение, стадия формования, стадия карбонизации, стадия активирования. Химическое активирование. Технологические схемы получения дробленых углей из растительного и каменноугольного сырья. Технологическая схема получения порошкообразного угля из древесного сырья. Технологические схемы получения формованных углей из растительного и каменноугольного сырья. Технологическая схема получения кристаллического цеолита. Получение формованного цеолита. Технологическая схема получения кускового силикагеля. Технологическая схема получения формованного силикагеля. Технологические схемы получения активного оксида алюминия. Принципиальная технологическая схема получения ионообменных смол.</p> <p><i>Технология получения НКСАМ</i></p> <p>Технологические особенности производства, требования к качеству продукции, сырьевое обеспечение, оборудование и аппараты. Влияние на качество материалов и изделий качества и происхождения сырья, условий и методов воздействия на исходное сырье в процессе производства готовой продукции, основные типы оборудования.</p>		
3	<p><b>Основные положения теории сорбции.</b></p> <p>Виды сорбционных явлений (физическая адсорбция, абсорбция, капиллярная конденсация, химическая адсорбция, хемосорбция, активированная сорбция). Природа адсорбционных сил. Равновесная величина адсорбции. Величина удельной сорбции. Обратимость адсорбции. Уравнение адсорбции Гиббса. Уравнение адсорбции Фрейндлиха. Классификация изотерм адсорбции (ИА) по Брунауэру. ИА в относительных координатах (<math>a = f(p/p_s)</math>). Факторы, влияющие на вид ИА. Предельная величина адсорбции. Объем микропор. Предельная величина сорбции. Предельный объем сорбционного пространства. Объем мезопор. Исправленная предельная величина адсорбции. Объем макропор. Суммарный объем пор. Интегральная теплота сорбции. Дифференциальная теплота сорбции. Теория капиллярной конденсации. Явление гистерезиса.</p> <p>Силы поверхностного натяжения. Капиллярное давление. Уравнение Лапласа. Уравнение Томсона-Кельвина. Явление гистерезиса. Петля гистерезиса. Теоретическое обоснование возникновения гистерезиса. Влияние формы пор на вид петли гистерезиса. Использование десорбционной ветви ИА. Построение интегральной и дифференциальной структурной кривой. Исправленная структурная кривая. t-метод. Метод ртутной порометрии. Определение величины удельной</p>	4	

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
	<p>поверхности мезопор по десорбционной ветви ИА.</p> <p>Теория адсорбции Лэнгмюра. Потенциальная теория адсорбции (Поляни-Лондона). Теория адсорбции БЭТ (Брунауэра-Эммета-Тейлора). Положения теории. Теория объемного заполнения микропор. Классификация углеродных сорбентов. Адсорбция газов и паров. Дифференциальная молярная работа адсорбции. Предпосылки теории объемного заполнения микропор (ТОЗМи). Уравнение ИА Дубинина-Радушкевича. Уравнение ИА Дубинина-Астахова (термическое уравнение адсорбции). Адсорбция паров в предкритической области. Исправленные значения плотности сорбата и его молярного объема. Вид уравнения Дубинина-Радушкевича для паров. Адсорбция газов. Уравнение Берени. Уравнение Дубинина-Радушкевича для газов. Вид характеристической кривой. Коэффициент афинности. Парахор.</p> <p><i>Избирательность адсорбции. Многокомпонентная сорбция.</i></p> <p>Явление избирательности адсорбции. Коэффициенты разделения. Влияние различных факторов на избирательность адсорбции. Вид ИА для многокомпонентной сорбции (сорбция смесей). Метод расчета ИА Майерса-Праусница. Вытеснительная сорбция.</p> <p>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. 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.</p> <p>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> <p>Система основных уравнений динамики сорбции. Уравнение материального баланса. Уравнение теплового баланса. Режимы движения тепловой волны.</p> <p>Конкурентный характер сорбции. Динамика адсорбции бинарной смеси. Схема распределения концентраций</p>		

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Иновационная форма
	компонентов в элементарном слое. Коэффициент вытеснения. Скорость движения фронта адсорбции первого второго компонентов смеси. Коэффициент селективности. Динамика адсорбции многокомпонентной смеси.		
4	<p><b>Основные области применения сорбирующих материалов</b></p> <p><i>Водоочистка и водоподготовка</i>  Реальные процессы очистки воды от загрязняющих веществ различной природы: органические соединения, ионы металлов (радиоактивные, цветные и др.), N-содержащие соединения, S-содержащие соединения, Hg-содержащие соединения.</p> <p><i>Нефтехимия</i>  Очистка и осушка газов. Хроматографическое разделение природного газа. Особенности, достоинства и недостатки непрерывных процессов. Схема работы адсорбционной установки с движущимся слоем. Особенности зоны массообмена. Выбор расхода адсорбента. Выбор температурного режима десорбционной части установки. Работа установки для разделения природного газа. Расчет скорости движения адсорбента в колонне. Высота хроматографической части колонны.</p> <p>Применение цеолитов и активных оксидов алюминия в гидрогенизационных каталитических процессах крекинга и облагораживания нефтяных фракций и остатков. Требования к катализаторам и носителям катализаторов.</p> <p>Применение волокнистых углеродных материалов в ликвидации разливов нефтепродуктов.</p> <p><i>Химическая технология.</i>  Сорбционная очистка газовых сред.</p> <p>Рекуперация. Цель рекуперации. Выбор адсорбента для рекуперации. Основные фазы процесса рекуперации. Особенности оформления технологической схемы процесса рекуперации. Схема распределения температур и концентраций компонентов в слое сорбента при десорбции растворителя перегретым паром. Физический смысл процессов, происходящих при десорбции растворителя водяным паром. Уравнения теплового и материального баланса. Влияние адсорбции пара на разогрев слоя. Схема процесса десорбции в слое в реальных условиях. Удельный выход растворителя. Реализуемая емкость. Оптимизация процесса рекуперации. Роль адсорбции воды в процессах рекуперации. Сушка слоя. Схема распределения температур и концентраций компонентов в слое сорбента в процессе сушки. Скорость движения сорбционной волны водяного пара. Влияние влагосодержания слоя после десорбции на скорость процесса его сушки. Оптимизация параметров процесса сушки сорбционного слоя. Процессы КБА (короткоциклового безнагревной адсорбции). Достоинства и недостатки, области применения процессов КБА. Цикл и полуцикл работы установки КБА. Выбор адсорбента для проведения КБА процессов.</p> <p><i>Биотехнология</i>  Способы применения мембран и сорбентов в биотехнологии. Основы расчета процессов селективного</p>	2	Дискуссия

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Иновационная форма
	<p>разделения на мембранах. Сопоставление эффективности хроматографии и ультра- и микрофльтрации. Примеры практического использования мембран и сорбентов для выделения и очистки биологически активных веществ.</p> <p>Методы иммобилизации ферментов с применением сорбентов. Гидрофильные полимерные сорбенты для аналитического и препаративного выделения и очистки биологически активных веществ, в том числе лекарственных препаратов природного и генно-инженерного происхождения. Применение сорбентов в целях создания регуляторов роста растений, разделения вакцин, синтеза БАВ.</p>		

#### 4.4. Занятия семинарского типа.

##### 4.4.1. Семинары, практические занятия.

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Иновационная форма
1	Изучение методик исследования насыпной, пикнометрической, кажущейся плотностей сорбентов и носителей катализаторов.	4	круглый стол
2	Расчет материального баланса процесса получения активных углей.	6	
3	Расчет величины характеристической энергии адсорбции и предельного объема адсорбционного пространства сорбентов по их изотермам адсорбции, пересчет изотерм адсорбции паров стандартного пара на другой пар по методу ТОЗМи, с использованием коэффициентов подобия, пересчет изотерм адсорбции на другую температуру по методу Беринга-Серпинского, с использованием характеристических кривых адсорбции. Построение структурных кривых для сорбентов различной природы по данным ртутной порометрии.	20	мозговой штурм
4	Расчет параметров адсорбера в процессах рекуперации	6	

##### 4.4.2. Лабораторные занятия.

*Учебным планом не предусмотрены.*

#### 4.5. Самостоятельная работа обучающихся.

№ раздела дисциплины	Перечень вопросов для самостоятельного изучения	Объем, акад. часы	Форма контроля
1	Современные нанопористые материалы. Механизм взаимодействия кислотно-основных индикаторов с углеродной поверхностью. Химическое строение поверхности углеродных материалов, методы идентификации поверхностных группировок. Влияние вида активных группировок на поверхности углеродных сорбентов на их сорбционные свойства и избирательность сорбции.	20	Устный опрос
2	Модификация поверхности силикагелей. Влияние вида активных группировок поверхности пористых материалов на их каталитическую активность. Влияние вида активных группировок на поверхности углеродных и минеральных сорбентов на их сорбционные свойства по отношению к парам воды. Влияние вида активных группировок на поверхности углеродных и минеральных сорбентов на их сорбционные свойства по отношению к парам органических соединений. Применение инновационных технологий в области сорбционной техники. Методы активирования природных цеолитов. Утилизация отходов в технологических схемах получения углеродных сорбентов.	22	Устный опрос
3	Механизм адсорбции тяжелых металлов (или d-элементов) на углеродной поверхности. Кислотно-основные индикаторы для определения функционального состава углеродной поверхности. Особенности перехода силоксановых группировок в силанольные группы на поверхности силикагелей.	20	Устный опрос
4	Ионообменные свойства фторопластовых материалов. Жидкие иониты. Области применения. Конкретные примеры. Механизм процесса. Применение сорбентов различного типа в медицине. Природные сорбенты и их применение. Применение минеральных сорбентов в качестве ионообменников. Наноматериалы в защите окружающей среды и системах жизнеобеспечения.	20	Устный опрос

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

Методические указания для обучающихся по организации самостоятельной работы по дисциплине, включая перечень тем самостоятельной работы, формы текущего контроля по дисциплине и требования к их выполнению размещены в электронной информационно-образовательной среде СПбГТИ(ТУ) на сайте: <http://media.technolog.edu.ru>

## **6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации**

Своевременное выполнение обучающимся мероприятий текущего контроля позволяет превысить (достигнуть) пороговый уровень («удовлетворительно») освоения предусмотренных элементов компетенций.

Результаты дисциплины считаются достигнутыми, если для всех элементов компетенций превышен (достигнут) пороговый уровень освоения компетенции на данном этапе.

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в форме зачета. К сдаче зачета допускаются студенты, выполнившие все формы текущего контроля.

Зачет предусматривает выборочную проверку освоения предусмотренных элементов компетенций. При сдаче зачета, студент получает два вопроса из перечня вопросов, время подготовки студента к устному ответу - до 30 мин.

Пример варианта вопросов на зачете:

### **Вариант № 1**

1. Понятие “пористая структура адсорбентов”, ее основные характеристики.
2. Основная технологическая схема получения силикагеля.

Фонд оценочных средств по дисциплине представлен в Приложении № 1.

Результаты дисциплины считаются достигнутыми, если для всех элементов компетенций превышен (достигнут) пороговый уровень освоения компетенции на данном этапе.

## **7. Перечень учебных изданий, необходимых для освоения дисциплины.**

### **7. Перечень учебных изданий, необходимых для освоения дисциплины.**

#### **а) печатные издания:**

1. 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 ; Рос. хим.-технол. ун-т им. Д. И. Менделеева. - М. : [б. и.], 2012. - 307 с.

2. Ивахнюк, Г.К. Активный оксид алюминия : учебное пособие / Г. К. Ивахнюк, Н. Ф. Федоров ; СПбГТИ(ТУ). Каф. инж. защиты окружающей среды. - СПб. : Менделеев, 2014. – 75 с.

3. Композиционные сорбционно-активные наноматериалы : Учебное пособие / В. В. Далидович [и др.] ; СПбГТИ(ТУ). Каф. хим. технологии материалов и изделий сорбционной техники. - СПб. : [б. и.], 2012. - 81 с.

4. Колосенцев, С.Д. Определение эффективного объема микропор углеродных сорбентов: методические указания / С. Д. Колосенцев, В. Л. Киселева, Е. Д. Хрылова ; СПбГТИ(ТУ). Каф. хим. технологии материалов и изделий сорбц. техники. - СПб. : [б. и.], 2013. - 13 с. (+ЭБ).

5. Юркевич, А.А. Технологические основы производства химических компонентов систем жизнеобеспечения / А. А. Юркевич, Г. К. Ивахнюк, Н. Ф. Федоров ; под ред. Г. К. Ивахнюка. - СПб. : Менделеев, 2014. - 274 с. (+ЭБ)

6. Сорбирующие материалы, изделия, устройства и процессы управляемой адсорбции/ В.В.Самонин [и др.] - СПб: «Наука», 2009. - 271 с.

#### **б) электронные издания:**

1. Композиционные сорбционно-активные наноматериалы : Учебное пособие / В. В. Далидович [и др.] ; СПбГТИ(ТУ). Каф. хим. технологии материалов и изделий сорбционной техники. - СПб. : [б. и.], 2012. - 81 с. (+ЭБ).

2. Колосенцев, С.Д. Определение эффективного объема микропор углеродных сорбентов: методические указания / С. Д. Колосенцев, В. Л. Киселева, Е. Д. Хрылова ; СПбГТИ(ТУ). Каф. хим. технологии материалов и изделий сорбц. техники. - СПб. : [б. и.], 2013. - 13 с. (+ЭБ).

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

Интернет-ресурсы: проводить поиск в различных системах, таких как [www.yandex.ru](http://www.yandex.ru), [www.google.ru](http://www.google.ru), [www.rambler.ru](http://www.rambler.ru), [www.yahoo.ru](http://www.yahoo.ru) и использовать материалы сайтов, рекомендованных преподавателем на лекционных занятиях.

С компьютеров института открыт доступ к:

[www.elibrary.ru](http://www.elibrary.ru) - eLIBRARY - научная электронная библиотека периодических изданий;

<http://e.lanbook.com> - Электронно-библиотечная система издательства «Лань», коллекции «Химия» (книги издательств «Лань», «Бином», «НОТ»), «Нанотехнологии» (книги издательства «Бином. Лаборатория знаний»);

[www.consultant.ru](http://www.consultant.ru) - КонсультантПлюс - база законодательных документов по РФ и Санкт-Петербургу;

[www.scopus.com](http://www.scopus.com) - База данных рефератов и цитирования Scopus издательства Elsevier;

<http://webofknowledge.com> - Универсальная реферативная база данных научных публикаций Web of Science компании Thomson Reuters;

<http://iopscience.iop.org/journals?type=archive>, <http://iopscience.iop.org/page/subjects> - Издательство IOP (Великобритания);

[www.oxfordjournals.org](http://www.oxfordjournals.org) - Архив научных журналов издательства Oxford University Press;

<http://www.sciencemag.org/> - Полнотекстовый доступ к журналу Science (The American Association for the Advancement of Science (AAAS));

<http://www.nature.com> - Доступ к журналу Nature (Nature Publishing Group);

<http://pubs.acs.org> - Доступ к коллекции журналов Core + издательства American Chemical Society;

<http://journals.cambridge.org> - Полнотекстовый доступ к коллекции журналов Cambridge University Press.

## **9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.**

Все виды занятий по дисциплине «Пористые наноматериалы» проводятся в соответствии с требованиями следующих СТП:

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

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

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

Самостоятельная работа проводится с целью углубления знаний по дисциплине.

Самостоятельная работа студентов включает:

- изучение и усвоение лекционного материала,
- подготовку к опросу и тестированию;
- изучение дополнительной литературы по разделам, указанным лектором,
- подготовку к практическим занятиям,
- подготовку к зачету.

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

Основными условиями правильной организации учебного процесса для студентов является:

плановость в организации учебной работы;

серьезное отношение к изучению материала;  
постоянный самоконтроль.

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

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

### **10.1. Информационные технологии.**

В учебном процессе по данной дисциплине предусмотрено использование информационных технологий:

чтение лекций с использованием слайд-презентаций;  
взаимодействие с обучающимися посредством ЭИОС.

### **10.2. Программное обеспечение.**

Для проведения занятий имеются персональные компьютеры с программным обеспечением:

- Windows,
- OpenOffice.

### **10.3. Базы данных и информационные справочные системы.**

1. <http://prometeus.nse.ru> – база ГПНТБ СО РАН.
2. <http://borovic.ru> - база патентов России.
3. <http://1.fips.ru/wps/portal/Register> - Федеральный институт промышленной собственности
4. <http://google.com/patent>- база патентов США.
5. <http://freepatentsonline.com>- база патентов США.
6. <http://patentmatie.com/welcome> - база патентов США.
7. [http://patika.ru/Epasenet\\_patentnie\\_poisk.html](http://patika.ru/Epasenet_patentnie_poisk.html) - европейская база патентов.
8. <http://gost-load.ru>- база ГОСТов.
9. <http://worlddofaut.ru/index.php> - база ГОСТов.
10. <http://elibrary.ru> – Российская поисковая система научных публикаций.
11. <http://springer.com> – англоязычная поисковая система научных публикаций.
12. <http://dissforall.com> – база диссертаций.
13. <http://diss.rsl.ru> – база диссертаций.
14. <http://webbook.nist.gov/chemistry> - NIST Standard Reference Database.
15. <http://riodb.ibase.aist.go.jp/riohomee.html> - база спектров химических соединений.
16. <http://markmet.ru> – марочник сталей.

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

Для проведения занятий в интерактивной форме, чтения лекций в виде презентаций, демонстрации видео материалов используется мультимедийная техника.

Для проведения практических занятий используют компьютерный класс с персональными компьютерами.

Для проведения мастер классов и демонстрации практической исследовательской работы используется следующее оборудование:

1. Комплекс электрических измерений наноструктур (RLC метр E7-20, вольтметр универсальный электрометрический В7Э-42, комплекс измерительный К505, источник калиброванных напряжений, электрометр Keithley, генератор сигналов низкочастотный ГЗ-123, мегомметр ПС-1, источник питания постоянного тока Б5-44);

2. Комплекс спектральных измерений (Атомно-абсорбционный спектрометр МГА-915, сканирующий электронный микроскоп Tescan Vega 3 SBH, дифрактометр

рентгеновский Rigaku Smartlab, спектрофотометры СФ-46, СФ-56, спектроколориметр ТКА-ВД, яркомер ФПЧ-УХЛ4, лазерный микроанализатор LMA -10, ИК-микроскоп со спектрофотометром Nicolet FT-IR, спектрофлуориметр AvaSpec-3648, исследовательский радиометр IL1700, микроскоп люминесцентный ЛЮМАМ);

3. Комплекс оптических измерений (15 металлографических микроскопов МИМ-4, МИМ-6, МИМ-8, универсальный измерительный микроскоп УИМ-21, рефрактометр ИРФ-23, 2 минералогических микроскопа МИН-8, 2 микротвердомера ПМТ-3,)

4. Установка молекулярного наслаивания,

5. Установка измерения полярной и неполярной составляющих свободной поверхностной энергии;

6. Анализатор размера частиц;

7. Дилатометр кварцевый ДКВ-4,

8. Ротационный вискозиметр «Rheotest»,

9. Пресса CarlZeisse Jena усилием 10 и 30 т.;

10. Две ультразвуковые ванны УЗУ- 0.25;

11. Весы электронные аналитические ALC-210d4, электронные технические ЕТ-300;

12. Весы механические ВНЦ, ВКЛ-500М, ВЛР-200, WA-21;

13. Три бокса 7БП1-ОС;

14. Вакуумные сушильные шкафы SPT-200,

15. Электроды лабораторные SNOL 6,7/1300, РЭМ 24/87, МП-2УМ и др. с рабочей температурой до 1600<sup>0</sup>С;

16. Термометры, термодатчики;

17. Бидистилляторы стеклянные БС, дистилляторы ДЭ-4,

18. Магнитные мешалки ММ-5;

19. Стеклянная посуда: колбы, мерные цилиндры, водоструйный насос, холодильник, чашки Петри, колба Бунзена, воронка Бюхнера.

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

Для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями учебные процессы осуществляются 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 «Пористые наноматериалы»**

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

Индекс компетенции	Содержание	Этап формирования
ПК-6	<b>Способен обоснованно использовать знания основных типов металлических, неметаллических наноструктурированных и композиционных материалов различного назначения, в том числе наноматериалов для решения профессиональных задач.</b>	промежуточный
ПК-7	<b>Способен осуществлять анализ, оценку надежности, экономичности и экологических последствий применения наноматериалов.</b>	промежуточный

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

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Показатели сформированности (дескрипторы)	Критерий оценивания	УРОВНИ СФОРМИРОВАННОСТИ (описание выраженности дескрипторов)		
			«удовлетворительно» (пороговый)	«хорошо» (средний)	«отлично» (высокий)
<b>ПК-6.5</b> Знание основных свойств, способов производства и областей применения пористых наноматериалов.	<b>Знает</b> классификацию и свойства сорбентов (ЗН-1)	Ответы на вопросы №1-3, 9-10 к зачету	Имеет представление о видах и свойствах сорбентов.	Знает что такое сорбент, удельная поверхность, эквивалентный радиус.	Знает классификацию типов пор по размерам. Знает виды сорбционных явлений (процессов).
	<b>Знает</b> теоретические основы сорбции (ЗН-2)	Ответы на вопросы №4-8,12,13,17 к зачету	Имеет представление о адсорбционных силах.	Знает что такое “пористая структура адсорбентов” и ее характеристики. Знаком с адсорбционной теорией Лэнгмюра.	Знает термическое уравнение сорбции, все ее свойства и их взаимосвязь. Знает теорию капиллярной конденсации.
	<b>Знает</b> теоретические основы протекания многокомпонентной сорбции (ЗН-3)	Ответы на вопросы № 18, 20,21 к зачету	Имеет представление о теории БЭТ.	Знает динамику многокомпонентной адсорбции.	Знает как протекает адсорбция в движущемся слое.
	<b>Умеет</b> пользоваться методиками исследования с целью определения свойств сорбционных материалов (У-1)	Ответы на вопросы №11, 14-16,19 к зачету Отчеты о практических занятиях	Знаком с методами определения теплоты сорбции.	Может на практике определить толщину пленки в момент образования мениска, t-метод.	Может определить величину удельной поверхности сорбционным методом. Имеет навык определения показателей по экспериментальной изотерме адсорбции (ИА).

	<b>Умеет</b> использовать знания об областях и особенностях применения материалов и сорбционных процессов (У-2)	Ответ на вопрос № 22 к зачету Отчеты о практических занятиях	Имеет представление о процессе разделения природного газа.	Умеет проводить очистку и осушку газов.	Знает особенности, достоинства и недостатки непрерывных процессов. Способен выбрать расход адсорбента. Может рассчитать необходимую скорость движения адсорбента в колонне и высоту колонны.
<b>ПК-7.5</b> Просчитывание рисков при выборе пористых наноматериалов для заданной технологии.	<b>Знает</b> классификацию, технологию получения, виды и свойства сорбционных материалов (ЗН-4)	Ответы на вопросы № 29-33, 35, 66-78 к зачету	Знает классификацию углей по степени обгара. Знаком с параметрами пористой структуры(ПС).	Знает классификацию сорбентов по происхождению, типу ПС, природе, составу.	Знает целый ряд сорбционных материалов (активные угли, силикагели, цеолиты, активный оксид алюминия, ионнообменные смолы), их классификацию, свойства и методы получения.
	<b>Знает</b> особенности протекания процессов сорбции (ЗН-5)	Ответы на вопросы № 23,26,27,58 к зачету	Имеет представление о явлении гистерезиса. Может определить вид петли гистерезиса в зависимости от формы пор.	Знает физический смысл констант Е и n термического уравнения адсорбции.	Знает особенности влияния различных форм энергии на связь сорбент — сорбат.

	<b>Знает</b> особенности кинетики и динамики процессов сорбции и десорбции (ЗН-6)	Ответы на вопросы № 24,28,34,36-38, 42-46,48,49, 59-65 к зачету	Имеет представление о расчете ветви десорбции ИА какого либо пара. Знает особенности адсорбции паров в предкритической области.	Знаком с видом уравнения изотермы адсорбции для любого пара при любой температуре. Знает основные уравнения динамики сорбции.	Знает кинетику адсорбции и десорбции. Методики исследования. Основные зависимости. Особенности динамики адсорбции в кипящем слое.
	<b>Умеет</b> анализировать производственные риски при выборе марки и производителя наноструктурированных сорбционных материалов (У-3)	Ответы на вопросы № 25, 39-41,47,50-57 к зачету Отчеты о практических занятиях	Имеет представление о потенциальной теории адсорбции. Знает основные задачи теории. Может рассчитать семейства ИА по характеристической кривой.	Знаком с понятием работающего слоя. Способен определить основные динамические параметры. Знает классификацию композиционных сорбирующих наноматериалов.	Знает особенности динамики неравновесной изотермической адсорбции. Способен выбрать наноструктурированный сорбционный материал из предложенных для необходимого применения.
<b>ПК-7.10</b> Оценка социальной значимости и ответственности при разработке новых технологий пористых наноматериалов.	<b>Знает</b> закономерности протекания сорбционных процессов в газовых и водных средах (ЗН-7)	Ответы на вопросы № 81-83, 108,112 к зачету	Имеет представление об адсорбции газов. Знает вид уравнения ИА.	Знаком с избирательностью адсорбции. Коэффициент разделения. Общие закономерности адсорбции смесей.	Знает как влияет напряженность электрического поля на степень и скорость десорбции паров воды на минеральных сорбентах. Знает современное состояние адсорбционных процессов очистки, разделения, кондиционирования

					жидких и газовых сред.
	<b>Знает</b> актуальные проблемы в области разработки, синтеза и применения наноструктурированных сорбционных материалов (ЗН-8)	Ответы на вопросы № 79-80, 84-96, 99, 101, 102, 106, 107, 109, 110, 113 к зачету	Имеет представление о композиционном сорбирующем наноматериале (КСНМ). Знает, чем отличаются параметры микропористой структуры адсорбента от параметров его пористой структуры.	Знает теорию объемного заполнения микропор. Имеет представление о рекуперационных процессах.	Знает методики получения КСНМ. В виде каких изделий могут быть получены КСНМ. Знает факторы, влияющие на характеристики КСНМ.
	<b>Умеет</b> поставить цель и определить задачи исследования наноструктурированных сорбционных материалов (У-4)	Ответы на вопросы № 97-98, 100, 103-105, 111 к зачету Отчеты о практических занятиях	Может описать влияние размера частиц полимерных образований на свойства КНСМ. Может определить влияние освещения на величину сорбционной емкости КНСМ.	Может определить, как активные добавки повлияют на свойства получаемого КНСМ.	Знает основные модели строения КНСМ на основе ультрадисперсных порошков. Может определить распределение температур в слое сорбента, нанесенного на теплопроводящую пластину.

Шкала оценивания соответствует СТО СПбГТИ(ТУ):

По дисциплине промежуточная аттестация проводится в форме зачета. Для получения зачета должен быть достигнут «пороговый» уровень сформированности компетенций.

### **3. Типовые контрольные задания для проведения промежуточной аттестации**

#### **а) Вопросы для оценки знаний, умений и навыков, сформированных у студента по компетенции ПК-6:**

##### **Теоретический вопрос:**

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. Общая картина заполнения пор в процессе адсорбции.
6. Сорбционное равновесие. Равновесная величина сорбции. Абсолютная величина сорбции. Предельная величина сорбции.
7. Обратимость процессов сорбции.
8. Термическое уравнение сорбции. Изопикна, изобара, изостера, изотерма адсорбции, их взаимосвязь.
9. Классификация типов ИА по Брунауэру. Факторы, определяющие вид ИА.
10. Основные характеристики ПС: предельная величина сорбции; предельный объем сорбционного пространства; объем микро-, мезо-, макропор; суммарный объем пор. Истинная, пикнометрическая, кажущаяся, гравиметрическая плотности. Метод молекулярных щупов.
11. Интегральная и дифференциальная теплоты сорбции. Методы определения теплоты сорбции – прямые и косвенные.
12. Уравнение ИА по Гиббсу, Фрейндлиху.
13. Теория капиллярной конденсации. Внутреннее давление. Капиллярное давление. Уравнение Лапласа. Уравнение Томсона.
14. Построение на основе десорбционной ветви ИА интегральной и дифференциальной структурных кривых. Исправленные структурные кривые. Методы определения толщины пленки в момент образования мениска, t-метод.
15. Ртутная порометрия. Смысл метода. Определяемые методом параметры ПС.
16. Определение величины удельной поверхности сорбционным методом (Киселева А.В.).
17. Адсорбционная теория Лэнгмюра – предпосылки, вывод и анализ уравнения, достоинства и недостатки.
18. Теория БЭТ – основные положения теории, уравнение адсорбции по БЭТ, анализ уравнения. Достоинства и недостатки теории.
19. Методика нахождения E и n по экспериментальной изотерме адсорбции (ИА).
20. Динамика многокомпонентной адсорбции.
21. Адсорбция в движущемся слое.
22. Процесс разделения природного газа.

#### **б) Вопросы для оценки знаний, умений и навыков, сформированных у студента по компетенции ПК-7:**

##### **Теоретический вопрос:**

23. Явление гистерезиса. Зависимость вида петли гистерезиса от формы пор.
24. Расчет ветви десорбции ИА какого-либо пара по известной ветви десорбции ИА для

- данного пара.
25. Потенциальная теория адсорбции (Поляни-Лондона). Допущения; понятие адсорбционного потенциала; основная задача теории; основное уравнение теории; характеристическая кривая. Расчет семейства ИА по характеристической кривой.
  26. Физический смысл констант  $E$  и  $n$  термического уравнения адсорбции.
  27. Переход от уравнения Дубинина-Астахова к уравнению Дубинина-Радушкевича. Физический смысл величины  $V$  в уравнении Дубинина-Радушкевича.
  28. Термический коэффициент предельной адсорбции. Вид уравнения изотермы адсорбции для любого пара при любой температуре.
  29. Классификация активных углей (АУ) по степени обгара. АУ I структурного типа.
  30. Классификация АУ. АУ II структурного типа.
  31. Классификация АУ. АУ III структурного типа (смешанного).
  32. Как изменяются параметры пористой структуры (ПС) углей по мере роста величины обгара?
  33. Сравните графический вид зависимости  $\lg a - A$  и вид уравнения ИА для углей I, II и III структурного типа.
  34. Адсорбция паров в предкритической области.
  35. Классификация сорбентов по происхождению, типу ПС, природе, составу.
  36. Кинетика адсорбции. Понятие. Методики исследования. Основные зависимости.
  37. Кинетика десорбции. Понятие. Методики исследования. Основные зависимости.
  38. Динамика адсорбции. Формирование фронта адсорбции.
  39. Режим параллельного переноса. Понятие работающего слоя.
  40. Основные динамические параметры - время защитного действия слоя; выходная кривая, коэффициент симметричности, динамическая адсорбционная способность, коэффициент использования сорбционной емкости слоя.
  41. Уравнение Шилова. Определение высоты работающего слоя. Коэффициент защитного действия.
  42. Основные уравнения динамики сорбции. Уравнения материального баланса и массообмена.
  43. Основные уравнения динамики сорбции: уравнение теплового баланса; уравнение теплопередачи.
  44. Классификация динамических процессов.
  45. Динамика равновесной изотермической адсорбции: уравнение Викке и Вильсона.
  46. Динамика равновесной изотермической адсорбции в реальных условиях.
  47. Динамика неравновесной изотермической адсорбции.
  48. Динамика неизотермической (равновесной адиабатической) адсорбции. Режимы движения тепловой волны.
  49. Динамика адсорбции в кипящем слое.
  50. Рекуперационные процессы. Технологические особенности. Физическая модель (3-х зонная).
  51. В чем сходство и различие композиционных сорбирующих наноматериалов и классических композитов - приведите примеры.
  52. Приведите классификацию композиционных сорбирующих наноматериалов.
  53. Особенности композиционных сорбирующих наноматериалов на основе органической матрицы.
  54. Критерии выбора полимера матрицы для композиционных сорбирующих наноматериалов (КСНМ).
  55. Какие ограничения с позиции дисперсности наполнителя оказывают влияние на возможность создания КСНМ?
  56. Основные достоинства КСНМ - перечислите.
  57. Особенности свойств КСНМ на неорганической полимерной матрице.
  58. Каково влияние различных форм энергии на связь сорбент — сорбат?

59. Каково влияние светового воздействия на процессы сорбции-десорбции?
60. Каково влияние электрофизического воздействия на процессы сорбции-десорбции?
61. Каково влияние тепловой энергии на процессы сорбции-десорбции?
62. Каково влияние конструкции сорбционного устройства на эффективность управления сорбционными процессами?
63. Какие конструкции сорбционных устройств применяются для эффективного управления сорбционными процессами с использованием тепловой энергии?
64. Что представляют собой «мертвая» и рабочая область сорбента адсорбционного устройства?
65. Каким образом влияет наложение электрического поля на степень регенерации сорбентов?
66. Активные угли, классификация, выпускаемые марки, параметры пористой структуры, особенности строения поверхности и избирательность сорбции, методы получения и модификации поверхности.
67. Силикагели, классификация, выпускаемые марки, параметры пористой структуры, особенности строения поверхности и избирательность сорбции, методы получения и модификации поверхности.
68. Цеолиты, классификация, выпускаемые марки, параметры пористой структуры, особенности строения поверхности и избирательность сорбции, методы получения.
69. Активный оксид алюминия, модификация, параметры пористой структуры, особенности строения поверхности и избирательность сорбции, методы получения и модификации поверхности, каталитические свойства.
70. Ионообменные смолы, классификация, особенности строения, основные характеристики, области применения.
71. Технологические схемы получения дробленых углей из растительного и каменноугольного сырья.
72. Технологическая схема получения порошкообразного угля из древесного сырья.
73. Технологические схемы получения формованных углей из растительного и каменноугольного сырья.
74. Технологическая схема получения кристаллического цеолита. Получение формованного цеолита.
75. Технологическая схема получения кускового силикагеля.
76. Технологическая схема получения формованного силикагеля.
77. Технологические схемы получения активного оксида алюминия.
78. Принципиальная технологическая схема получения ионообменных смол.
79. Чем отличаются параметры микропористой структуры адсорбента от параметров его пористой структуры?
80. Теория объемного заполнения микропор (ТОЗМи): основные предпосылки, основное уравнение, современное состояние.
81. Адсорбция газов. Вид уравнения ИА.
82. Коэффициент афинности (подобия), паракор.
83. Избирательность адсорбции. Коэффициент разделения. Общие закономерности адсорбции смесей. Расчет адсорбции бинарной смеси паров (газов) на основе теории Лэнгмюра и ТОЗМи. Приближенное определение коэффициента разделения.
84. Рекуперационные процессы. Влияние воды на разогрев слоя. Основные эксплуатационные характеристики процесса. Роль адсорбции воды в процессах рекуперации.
85. Рекуперационные процессы. Физическая модель и специфика сушки слоя.
86. Что представляет собой композиционный сорбирующий наноматериал (КСНМ)?
87. Приведите определение понятий МАТРИЦА и НАПОЛНИТЕЛЬ.
88. Чем отличается фиксированная шихта сорбента от КСНМ?
89. Опишите методики консервации пористой структуры сорбентов в процессе

получения КСНМ.

90. Опишите методику получения КСНМ путем инверсии органической полимерной пленки.
91. В виде каких изделий могут быть получены КСНМ?
92. Каким образом первичные свойства матрицы и наполнителя изменяются в процессе их совмещения?
93. Какие свойства можно придать КСНМ путем подбора матрицы и типа и дисперсности наполнителя?
94. Приведите основные методики получения КСНМ на неорганической полимерной матрице.
95. Каким образом изменение дисперсности наполнителя влияет на характеристики КСНМ на неорганической матрице?
96. Приведите примеры применения полимерных материалов в виде растворов, золей, порошков для создания КСНМ.
97. Опишите влияние размера частиц полимерных образований на свойства КНСМ.
98. Каким образом активные добавки влияют на свойства получаемого КНСМ?
99. Каковы традиционные методы получения КНСМ?
100. Основные модели строения КНСМ на основе ультрадисперсных порошков.
101. Схема синтеза КНСМ на основе ультрадисперсных порошков.
102. Новые методы получения КНСМ.
103. Что такое форма энергии?
104. Каковы традиционные формы энергии?
105. Каково распределение температур в слое сорбента, нанесенного на теплопроводящую пластину?
106. Функциональная схема адсорбционной холодильной установки.
107. Принцип работы адсорбционного насоса.
108. Каким образом влияет напряженность электрического поля на степень и скорость десорбции паров воды на минеральных сорбентах?
109. Каковы конструкционные особенности адсорбера со встроенным нагревательным элементом?
110. Насколько КПД процесса регенерации сорбентов выше при использовании электротермического воздействия по сравнению с тепловой регенерацией?
111. Каково влияние освещения на величину сорбционной емкости КНСМ?
112. Современное состояние адсорбционных процессов очистки, разделения, кондиционирования жидких и газовых сред.
113. Области применения пористых наноматериалов.

#### **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 организации и проведения зачетов и экзаменов.