

УТВЕРЖДАЮ

Первый проректор, проректор по учебной работе

_____ А.Е. Рудин

30 » 06 2020 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.Б.07

(Индекс дисциплины)

Процессы массопереноса в системах с участием твердой фазы. Часть 2

(Наименование дисциплины)

Кафедра: **54** Химических технологий

Код

Наименование кафедры

Направление подготовки:

18.04.01. Химическая технология

Профиль подготовки:

Химическая технология биоактивных веществ, красителей и волокнистых материалов

Уровень образования:

Магистратура

План учебного процесса

Составляющие учебного процесса		Очное обучение	Очно-заочное обучение	Заочное обучение
Контактная работа обучающихся с преподавателем по видам учебных занятий и самостоятельная работа обучающихся (часы)	Всего	144		
	Аудиторные занятия	68		
	Лекции	17		
	Лабораторные занятия			
	Практические занятия	51		
	Самостоятельная работа	40		
	Контроль	36		
Формы контроля по семестрам (номер семестра)	Экзамен	2		
	Зачет			
	Контрольная работа			
	Курсовой проект (работа)			
Общая трудоемкость дисциплины (зачетные единицы)		4		

Форма обучения:	Распределение зачетных единиц трудоемкости по семестрам			
	1	2	3	4
Очная		4		
Очно-заочная				
Заочная				

Рабочая программа составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по соответствующему направлению подготовки

и на основании учебных планов № _____

1. ВВЕДЕНИЕ К РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЕ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1. Место преподаваемой дисциплины в структуре образовательной программы

Блок 1: Базовая Обязательная Дополнительно является факультативом
 Вариативная По выбору

1.2. Цель дисциплины

Сформировать компетенции обучающегося в области применения сорбционных процессов в технологической сфере и медицине.

1.3. Задачи дисциплины

- раскрыть теоретические представления о природе связей сорбент – сорбат, строении и структуре веществ с сорбционными свойствами для понимания механизмов сорбционных процессов
- обучить студентов основам фундаментальных представлений, достаточным для использования базовых знаний для описания реальных сорбционных процессов и установок с составлением материальных и тепловых балансов, циклограмм и технологических схем производства
- научить студентов обоснованному подходу к выбору и решению конкретных задач практического применения сорбционных процессов в химических технологиях и экологии производства с учетом особенностей и принципов аппаратного оформления сорбционных процессов

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

Код компетенции	Формулировка компетенции	Этап формирования
ОК-2	Готовность действовать в нестандартных ситуациях, нести социальную и этическую ответственность за принятые решения	первый этап
Планируемые результаты обучения Знать: основы сорбции в гетерогенных системах Уметь: определять основные характеристики процессов сорбции в гетерогенных системах с участием твердой фазы Владеть: навыками определения оптимальных и рациональных технологических режимов работы оборудования		
ОК-3	Готовность потенциала к саморазвитию, самореализации, использованию творческого	первый этап
Планируемые результаты обучения Знать: основные уравнения равновесия при адсорбции и ионном обмене Уметь: использовать математические модели процессов адсорбции Владеть: навыками определения оптимальных и рациональных технологических режимов работы оборудования		
ОК-5	Способность к профессиональному росту, к самостоятельному обучению новым методам исследования, к изменению научного и научно-производственного профиля своей профессиональной деятельности	первый этап
Планируемые результаты обучения Знать: основные методы расчета адсорбционных и ионообменных аппаратов Уметь: использовать математические модели процессов в качестве средства изучения реального процесса, для решения практических профессиональных задач Владеть:		

Код компетенции	Формулировка компетенции	Этап формирования
навыками расчета процессов массопереноса в системах с участием твердой фазы		
ОК-7	Способность на практике использовать умения и навыки в организации исследовательских и проектных работ, в управлении коллективом	первый этап
<p>Планируемые результаты обучения</p> <p>Знать: закономерности массопереноса в пористых телах.</p> <p>Уметь: определять закономерности процессов растворения и кристаллизации</p> <p>Владеть: навыком определения параметров процессов в промышленных аппаратах с участием твердой фазы</p>		
ОК-8	Способность находить творческие решения социальных и профессиональных задач, готовностью к принятию нестандартных решений	первый этап
<p>Планируемые результаты обучения</p> <p>Знать: основы теории массопереноса в системах со свободной и неподвижной границей раздела фаз; типовые процессы химической технологии</p> <p>Уметь: определять характер движения жидкостей и газов; основные характеристики процессов массопереноса; рассчитывать параметры и выбирать оборудование для конкретного химико-технологического процесса</p> <p>Владеть: навыками проектирования простейших аппаратов химической промышленности</p>		
ОПК-3	Способность к профессиональной эксплуатации современного оборудования и приборов в соответствии с направлением и профилем подготовки	первый этап
<p>Планируемые результаты обучения</p> <p>Знать:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) основные аспекты сорбционных процессов (понятия, особенности физических и химических сорбционных процессов, их связь с катализом, механизмы и кинетику сорбции и десорбции, современные подходы к изучению сорбционных процессов); 2) основные методы изучения и применения сорбционных процессов на объектах техногенной сферы. <p>Уметь:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) использовать основные химические и физические законы для понимания механизма сорбционных процессов и решения конкретных прикладных задач; 2) прогнозировать и управлять сорбционными свойствами материалов в современных технологиях; 3) анализировать и обрабатывать научно-техническую информацию в области сорбционных процессов и современных технологий; 4) самостоятельно планировать последовательность и основные приёмы адсорбционных исследований и математическую обработку полученных экспериментальных и литературных данных. <p>Владеть:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) основами теории физики и химии сорбционных процессов; 2) экспериментальными методами определения сорбционной емкости материалов, степени аффинитета по отношению к сорбатам, удельной поверхности, пористости, распределения частиц и пор по характерным размерам; 3) навыками обработки и анализа научно-технической информации и экспериментальных результатов изучения сорбционных процессов 		
ПК-1	Способность организовывать самостоятельную и коллективную научно-исследовательскую работу, разрабатывать планы и программы проведения научных	первый этап

Код компетенции	Формулировка компетенции	Этап формирования
	исследований и технических разработок, разрабатывать задания для исполнителей	
<p>Планируемые результаты обучения</p> <p>Знать:</p> <p>1) теоретические основы сорбционных процессов;</p> <p>2) основы химических технологий с применением сорбентов.</p> <p>Уметь:</p> <p>1) оценивать состояние объекта техногенной сферы и осуществлять обоснованный подход к выбору и практическому использованию сорбентов на конкретном объекте;</p> <p>2) анализировать эффективность применения сорбционных процессов для решения проблем на объекте техногенной сферы.</p> <p>Владеть:</p> <p>1) навыками оценки состояния объекта техногенной сферы и эффективности сорбционных процессов.</p>		
ПК-3	способность использовать современные приборы и методики, организовывать проведение экспериментов и испытаний, проводить их обработку и анализировать их результаты	первый этап
<p>Планируемые результаты обучения</p> <p>Знать:</p> <p>математические модели простейших систем и процессов, необходимых для решения производственных задач</p> <p>Уметь:</p> <p>интерпретировать и сопоставлять данные полученные в ходе экспериментов</p> <p>Владеть:</p> <p>навыками моделирования характеристик новых материалов и параметров процессов по законченному циклу прикладных исследований</p>		

1.5. Дисциплины (практики) образовательной программы, в которых было начато формирование компетенций, указанных в п.1.4:

- Процессы массопереноса с участием твердой фазы. Ч1
- Дополнительные главы химии

2. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Наименование и содержание учебных модулей, тем и форм контроля	Объем (часы)		
	очное обучение	очно-заочное обучение	заочное обучение
Учебный модуль 1. Основные понятия, механизмы и кинетика сорбционных процессов			
Тема 1. Введение. Природа сорбционных сил. Сорбционные процессы и технологии на их основе.	12		
Тема 2. Термодинамика сорбционных процессов	12		
Тема 3. Основные уравнения сорбции.	12		
Тема 4. Сорбционные процессы в гомо- и гетерофазных системах. Кинетика и динамика сорбции.	10		
Текущий контроль 1 (Устное собеседование)	2		
Учебный модуль 2. Применение сорбентов в техногенной сфере и медицине			
Тема 5. Классификация объектов техногенной сферы. Сорбционные технологии в экологии (проблемы хвостохранилищ и могильников).	12		
Тема 6. Технология и установки для очистки воды и газов сорбционными методами.	12		
Тема 7. Сорбционные процессы в пищевой промышленности и сельском хозяйстве.	12		

Наименование и содержание учебных модулей, тем и форм контроля	Объем (часы)		
	очное обучение	очно-заочное обучение	заочное обучение
Тема 8. Принципы зеленой химии и альтернативные методы сорбционных процессов в техногенной сфере.	12		
Тема 9. Сорбционные процессы в медицине	10		
Текущий контроль 2 (Устное собеседование)	2		
Итоговая аттестация по дисциплине (экзамен)	36		
ВСЕГО:	144		

3. ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН

3.1. Лекции

Номера изучаемых тем	Очное обучение		Очно-заочное обучение		Заочное обучение	
	Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)
1	1	2				
2	1	2				
3	1	2				
4	1	2				
5	1	2				
6	1	2				
7	1	2				
8	1	2				
9	1	1				
ВСЕГО:		17				

3.2. Практические и семинарские занятия

Номера изучаемых тем	Наименование и форма занятий	Очное обучение		Очно-заочное обучение		Заочное обучение	
		Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)
1	Количественные характеристики сорбции: количество поглощенного вещества, сорбционная емкость. Структурные характеристики сорбентов: удельная поверхность, пористость, радиус пор. Природа сорбционных сил.	2	6				
2	Термодинамика сорбционных процессов.	2	6				
3	Уравнение Лэнгмюра. Уравнение Фрейндлиха. Теория полимолекулярной адсорбции БЭТ. Адсорбция в микропорах.	2	6				
4	Применение теории капиллярной конденсации для определения структурных характеристик сорбентов	2	6				
5	Сорбция из растворов на твердых адсорбентах. Типы изотерм сорбции из растворов. Смысл константы сорбции, свободной энергии сорбции. Мономолекулярная и полислоистая сорбция из растворов.	2	7				

Номера изучаемых тем	Наименование и форма занятий	Очное обучение		Очно-заочное обучение		Заочное обучение	
		Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)
6	Кинетика физической сорбции. Основные стадии процесса сорбции: диффузия к поверхности, собственно сорбция, диффузия к поверхности. Лимитирующая стадия процесса сорбции. Влияние пористой структуры сорбентов на кинетику сорбции.	2	7				
7	Динамика сорбции. Основные понятия динамики сорбции: длина работающего слоя, время проскока, выходная кривая. Математическое описание динамики сорбции. Факторы, влияющие на форму выходной кривой.	2	6				
8-9	Методы регенерации сорбентов. Выбор оптимальной пористой структуры.	2	7				
ВСЕГО:			51				

3.3. Лабораторные занятия

Не предусмотрено.

4. КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

Не предусмотрено.

5. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ

Номера учебных модулей, по которым проводится контроль	Форма контроля знаний	Очное обучение		Очно-заочное обучение		Заочное обучение	
		Номер семестра	Кол-во	Номер семестра	Кол-во	Номер семестра	Кол-во
1, 2	Устное собеседование	2	2				

6. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА ОБУЧАЮЩЕГОСЯ

Виды самостоятельной работы обучающегося	Очное обучение		Очно-заочное обучение		Заочное обучение	
	Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)
Усвоение теоретического материала	2	20				
Подготовка к практическим (семинарским) занятиям	2	20				
Подготовка к экзамену	2	36				
ВСЕГО:			76			

7. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

7.1. Характеристика видов и используемых инновационных форм учебных занятий

Наименование видов учебных занятий	Используемые инновационные формы	Объем занятий в инновационных формах (часы)

		очное обучение	очно-заочное обучение	заочное обучение
Лекции	Разбор конкретных ситуаций профессиональной деятельности	8		
Практические занятия	Учебная практическая работа по определению параметров сорбции под руководством преподавателя. Количественная оценка кинетики и динамики сорбционных процессов. Выступление с докладами при работе в малых группах. Выполнение практических работ и защита отчетов в малых группах.	32		
ВСЕГО:		40		

7.2. Балльно-рейтинговая система оценивания успеваемости и достижений обучающихся

Перечень и параметры оценивания видов деятельности обучающегося

№ п/п	Вид деятельности обучающегося	Весовой коэффициент значимости, %	Критерии (условия) начисления баллов
1.	Аудиторная активность: посещение лекций и практических (семинарских) занятий, прохождение устного собеседования по каждому разделу (теме) дисциплины	20	Посещение лекций и практических занятий (68 ч) – 1 балл за 1 ч аудиторных занятий, максимум 68 баллов. Ответы по заданиям: по 4 балла – по темам 1-7,- по 2 балла за работы 8,9– максимум 32 балла. Итого: максимум 100 баллов
2.	Подготовка презентаций, статей по результатам выполненных работ либо участие в студенческой конференции «Дни науки» с публикацией тезисов доклада	30	Презентация результатов практических работ на занятии или подготовленная к публикации статья: 1 доклад или 1 статья в семестре - максимум 50 баллов. Подготовленный материал устного доклада на студенческой конференции, в том числе тезисов доклада, – максимум 50 баллов. Итого: максимум 100 баллов.
3.	Сдача экзамена	50	Ответы на теоретические вопросы экзаменационного билета (полнота, владение терминологией, затраченное время) – максимум 50 баллов. Ответ на вопрос по типовому практическому заданию - максимум 50 баллов. Итого: максимум 100 баллов.
Итого (%)		100	

Перевод балльной шкалы в традиционную систему оценивания

Баллы	Оценка по нормативной шкале	
86 - 100	5 (отлично)	Зачтено
75 – 85	4 (хорошо)	
61 – 74		
51 - 60	3 (удовлетворительно)	
40 – 50		
17 – 39		2 (неудовлетворительно)
1 – 16		
0	Не зачтено	

8. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

8.1. Учебная литература

а) основная учебная литература

1. Гребенников С. Ф. Физическая химия. Курс лекций [Электронный ресурс]: учебное пособие / Гребенников С. Ф., Ибрагимова Р. И. — СПб.: СПбГУПТД, 2018.— 134 с.— Режим доступа: http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=2018222, по паролю.
2. Зайцева Е. И. Коллоидная химия. Дисперсные системы и поверхностные явления [Электронный ресурс]: учебное пособие / Зайцева Е. И., Гребенников С. Ф., Ибрагимова Р. И. — СПб.: СПГУТД, 2015.— 126 с.— Режим доступа: http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=2722, по паролю.
3. Гребенников С. Ф. Сорбция в полимерных системах [Электронный ресурс]: монография / Гребенников С. Ф., Эльтеков Ю. А. — СПб.: СПГУТД, 2014.— 286 с.— Режим доступа: http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=1967, по паролю.

б) дополнительная учебная литература

- 1 Компьютерные технологии в научных исследованиях [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Е.Н. Косова [и др.].— Электрон. текстовые данные.— Ставрополь: Северо-Кавказский федеральный университет, 2015.— 241 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/63098.html>.— ЭБС «IPRbooks
- Дянкова Т.Ю. Современные проблемы химической технологии. Прогнозирование свойств волокнистых материалов. [Электронный ресурс]: учебное пособие / Дянкова Т.Ю., Примаченко Б.М., Федорова Н.С. — СПб.: СПбГУПТД, 2020.— 82 с.— Режим доступа: http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=2020122, по паролю.

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

- 1.Эффективная аудиторная и самостоятельная работа обучающихся [Электронный ресурс]: методические указания / сост. С. В. Спицкий. — СПб.: СПбГУПТД, 2015. – Режим доступа: http://publish.sutd.ru/tp_get_file.php?id=2015811, по паролю.
2. Организация самостоятельной работы обучающихся [Электронный ресурс]: методические указания / сост. И. Б. Караулова, Г. И. Мелешкова, Г. А. Новоселов. – СПб.: СПГУТД, 2014. – 26 с. – Режим доступа: http://publish.sutd.ru/tp_get_file.php?id=2014550, по паролю.

8.3. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины

1. <http://window.edu.ru/resource/468/66468> Евстифеев В.В. Эмиссионные явления на поверхности твердого тела. - Пенза : Изд-во Пенз. гос. ун-та, 2008. - 238 с..
2. <http://window.edu.ru/resource/920/20920> Лифшиц В.Г. Поверхность твердого тела и поверхность фазы // Соросовский образовательный журнал, 1995, №1, с. 99-107.
3. <http://window.edu.ru/resource/363/21363> Рощина Т.М. Адсорбционные явления и поверхность // Соросовский образовательный журнал, 1998, №2, с. 89-94.
4. ЭБС IPRbooks <http://www.iprbookshop.ru>

8.4. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)

1. Информационно – правовой портал ГАРАНТ [Электронный ресурс]. URL: <http://www.garant.ru> ,
2. компьютерная справочно-правовая система КонсультантПлюс [Электронный ресурс]. URL: <http://www.consultant.ru>,
3. Microsoft Windows 10
4. Microsoft Office Professional 2016

8.5. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Спектрофотометры и фотоколориметры ФЭК 56-М, КФК-2, КФК-3, Юнико 1201, СФ- 2000, рН - метры марки ИПЛ - 301, хроматограф Цвет 100, высокочастотные титраторы, анализатор вольтамперометрический АКВ - 07 МК, прибор для капиллярного электрофореза «Капель 3».
Учебная аудитория с мультимедийным комплексом.

8.6. Иные сведения и (или) материалы

В учебном процессе используются текстильные материалы: пряжа и нити, текстильные полотна, а также химматериалы, в том числе красители и препараты для заключительной отделки.

9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Виды учебных занятий и самостоятельная работа обучающихся	Организация деятельности обучающегося
Лекции	<p>Лекции обеспечивают теоретические основы дисциплины. На лекциях излагается основное содержание курса дисциплины. Освоение лекционного материала обучающимся предполагает следующие виды работ:</p> <ul style="list-style-type: none"> • проработка рабочей программы в соответствии с целями и задачами, структурой и содержанием дисциплины; • конспект лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы и формулировки; пометать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. • Проверка терминов, понятий: осуществлять с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь; работа с теоретическим материалом (конспектирование источников): найти ответ на вопросы в рекомендуемой литературе. <p>Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо обратиться с вопросом к преподавателю</p>
Практические занятия	<p>На практических занятиях разъясняются теоретические положения курса, обучающиеся работают с конкретными ситуациями, овладевают навыками сбора, анализа и обработки информации для принятия самостоятельных решений, навыками подготовки аналитических отчетов по соответствующей тематике; навыками работы в малых группах. Подготовка к практическим занятиям предполагает следующие виды работ:</p> <ul style="list-style-type: none"> • работа с конспектом лекций; • просмотр рекомендуемой литературы, • ознакомление с методами обработки результатов проводимых экспериментов.
Самостоятельная работа	<p>Самостоятельная работа направлена на расширение, углубление и закрепление знаний, умений и навыков, усвоенных на аудиторных занятиях путем самостоятельной проработки учебно-методических материалов по дисциплине и другим источникам информации; при подготовке к защитам практических работ; к текущему контролю по дисциплине; при подготовке к экзамену. Самостоятельная работа выполняется индивидуально.</p> <p>При подготовке к экзамену необходимо ознакомиться с перечнем вопросов, проработать конспекты лекций и отчеты о выполнении практических работ, рекомендуемую литературу, получить консультацию у преподавателя.</p>

10. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

10.1. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

10.1.1. Показатели оценивания компетенций на этапах их формирования

Код компетенции / этап освоения	Показатели оценивания компетенций	Наименование оценочного средства	Представление оценочного средства в фонде
ОК-2/первый этап	Систематизирует основные закономерности сорбции в системах с твердой фазой	Вопросы для устного собеседования.	Перечень вопросов для устного собеседования (5 вопросов по темам 1-6)
	Производит оценку основных параметров процессов сорбции	Практическое типовое задание	Комплект заданий (3 варианта)
	Подбирает оптимальные технологические режимы работы оборудования (адсорбера, абсорбера, мешалок, адсорбционных колонок, и т.д.)	Практическое типовое задание	Комплект практических заданий (5 заданий)

ОК-3/первый этап	Перечисляет, выводит и доказывает основные законы и уравнения адсорбции	Вопросы для устного собеседования.	<i>Перечень вопросов для устного собеседования (5 вопросов по темам 1-6)</i>
	Моделирует процессы массопереноса	Практическое типовое задание	<i>Комплект заданий (3 варианта)</i>
	В рамках поставленной задачи выбирает оптимальные параметры технологических режимов работы аппаратов	Практическое типовое задание	<i>Комплект практических заданий (5 заданий)</i>
ОК-5/первый этап	Перечисляет параметры адсорберов, абсорберов и других массообменных аппаратов	Вопросы для устного собеседования.	<i>Перечень вопросов для устного собеседования (5 вопросов по темам 1-6)</i>
	Составляет и анализирует математические модели процессов массопереноса	типовое	<i>Комплект заданий (3 варианта)</i>
	Определяет оптимальные и рациональные технологические режимы работы оборудования	Практическое задание	<i>Комплект практических заданий (5 заданий)</i>
ОК-7/первый этап	Выводит и доказывает основные уравнения динамики сорбции и ионного обмена	Вопросы для устного собеседования.	<i>Перечень вопросов для устного собеседования (5 вопросов по темам 1-6)</i>
	Описывает уравнения равновесия и кинетики массопереноса процессов в системе твердое - жидкость (газ)	Практическое типовое задание	<i>Комплект заданий (3 варианта)</i>
	Выполняет расчеты основных химико - технологических процессов и выполняет элементы проектных разработок	Практическое типовое задание	<i>Перечень практических заданий (5 комплектов заданий)</i>
ОК-8/первый этап	Описывает и поясняет основы теории процесса в химическом реакторе, методологию исследования взаимодействия процессов химических превращений и явлений переноса на всех масштабных уровнях	Вопросы для устного собеседования.	<i>Перечень вопросов для устного собеседования (5 вопросов по теме 5)</i>
	Применяет методы вычислительной математики и математической статистики для решения конкретных задач расчета, проектирования, моделирования, идентификации и оптимизации процессов химической технологии	Практическое типовое задание	<i>Комплект заданий (3 варианта)</i>
	Определяет оптимальные и рациональные технологические режимы работы оборудования; пользуясь методами математической статистики	Практическое типовое задание	<i>Комплект практических заданий (5 заданий)</i>
ОПК-3/первый этап	Демонстрирует знание основных аспектов сорбционных процессов (понятия, особенности физических и химических сорбционных процессов, их связь с катализом, механизмы и кинетику сорбции и десорбции, современные подходы к изучению сорбционных процессов) и основных методов изучения и применения сорбционных процессов на объектах техногенной сферы.	Вопросы для устного собеседования.	<i>Перечень вопросов для устного собеседования (5 вопросов по темам 1- 5)</i>

	<p>Проявляет умение использовать основные химические и физические законы для понимания механизма сорбционных процессов и решения конкретных прикладных задач; прогнозировать и управлять сорбционными свойствами материалов в современных технологиях; анализировать и обрабатывать научно-техническую информацию в области сорбционных процессов и современных технологий; самостоятельно планировать последовательность и основные приёмы адсорбционных исследований и математическую обработку полученных экспериментальных и литературных данных.</p> <p>Демонстрирует владение основами теории физики и химии сорбционных процессов и экспериментальными методами определения сорбционной емкости материалов, степени аффинитета по отношению к сорбатам, удельной поверхности, пористости, распределения частиц и пор по характерным размерам. Показывает владение навыками обработки и анализа научно-технической информации и экспериментальных результатов изучения сорбционных процессов.</p>	Практическое типовое задание	<i>Комплект заданий (3 варианта)</i>
ПК-1/ первый этап	Излагает основные физико-химические методы качественного и количественного анализа сорбентов, теоретические основы процессов получения сорбентов и основы химических технологий с применением сорбентов.	Вопросы для устного собеседования.	<i>Перечень вопросов для устного собеседования (4 вопроса по темам 1-6)</i>
	Показывает умение оценивать состояние объекта техногенной сферы и осуществлять обоснованный подход к выбору и практическому использованию сорбентов на конкретном объекте, анализировать эффективность применения сорбционных процессов для решения проблем на объекте техногенной сферы.	Практическое типовое задание	<i>Комплект заданий (3 варианта)</i>
	Демонстрирует владение навыками оценки состояния объекта техногенной сферы и эффективности сорбционных процессов.	Практическое типовое задание	<i>Комплект практических заданий (6 заданий)</i>
ПК-3/первый этап	Описывает модели систем и процессов, рекомендует простейшие аппараты сорбции и необходимые технологические стадии	Вопросы для устного собеседования.	<i>Перечень вопросов для устного собеседования (6 вопросов по темам 7-9)</i>
	Проводит анализ данных, полученных при выполнении экспериментов, с учетом полученных данных решает технологические задачи, рассчитывает параметры сорбции	Практическое типовое задание	<i>Комплект заданий (3 варианта)</i>
	Выбирает оптимальные параметры процесса, с целью проведения эксперимента в заданных условиях	Практическое типовое задание	<i>Комплект практических заданий (5 заданий)</i>

10.1.2. Описание шкал и критериев оценивания сформированности компетенций

Критерии оценивания сформированности компетенций

Баллы	Оценка по традиционной шкале	Критерии оценивания сформированности компетенций
		Устное собеседование

86 - 100	5 (отлично)	Полный, исчерпывающий ответ, явно демонстрирующий глубокое понимание предмета и широкую эрудицию в оцениваемой области, умение использовать теоретические знания для решения практических задач. Учитываются баллы, накопленные в течение семестра.
75 – 85	4 (хорошо)	Ответ полный и правильный, основанный на проработке всех обязательных источников информации. Подход к материалу ответственный, но допущены в ответах небольшие погрешности, которые устраняются только в результате собеседования Учитываются баллы, накопленные в течение семестра.
61 – 74		Ответ стандартный, в целом качественный, основан на всех обязательных источниках информации. Присутствуют небольшие пробелы в знаниях или несущественные ошибки. Учитываются баллы, накопленные в течение семестра.
51 - 60	3 (удовлетворительно)	Ответ воспроизводит в основном только лекционные материалы, без самостоятельной работы с рекомендованной литературой. Демонстрирует понимание предмета в целом при неполных, слабо аргументированных ответах. Присутствуют неточности в ответах, пробелы в знаниях по некоторым темам, существенные ошибки, которые могут быть найдены и частично устранены в результате собеседования Учитываются баллы, накопленные в течение семестра.
40 – 50		Ответ неполный, основанный только на лекционных материалах. При понимании сущности предмета в целом – пробелы в знаниях сразу по нескольким темам, существенные ошибки, устранение которых в результате собеседования затруднено. Учитываются баллы, накопленные в течение семестра.
17 – 39	2 (неудовлетворительно)	Неспособность ответить на вопрос без помощи экзаменатора. Незнание значительной части принципиально важных элементов дисциплины. Многочисленные грубые ошибки. Не учитываются баллы, накопленные в течение семестра.
1 – 16		Непонимание заданного вопроса. Неспособность сформулировать хотя бы отдельные концепции дисциплины. Не учитываются баллы, накопленные в течение семестра.
0		Попытка списывания, использования неразрешенных технических устройств или пользования подсказкой другого человека (вне зависимости от успешности такой попытки). Не учитываются баллы, накопленные в течение семестра.

10.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие этапы формирования компетенций

10.2.1. Перечень вопросов, разработанный в соответствии с установленными этапами формирования компетенций

№ п/п	Формулировка вопросов	№ темы
1	Особенности ультрадисперсных (наноразмерных) систем. Роль поверхности в таких системах.	1
2	Адсорбция в границе раздела твердое тело – газ. Особенности процесса. Методы определения количества адсорбированного вещества.	1
3	Принципы весового и объемного методов определения количества адсорбированного (сорбированного) вещества. Единицы измерения количества адсорбированного газа или пара на твердой поверхности.	1
4	Изотермы, изобары, изостеры, изопикны адсорбции. Виды графических зависимостей.	1
5	Типы изотерм адсорбции по классификации С. Брунауэра, Л. Деминга, У. Деминга.	2
6	Адсорбционные силы. Специфическая и неспецифическая адсорбция. Типы адсорбентов и адсорбатов по классификации Киселева.	2
7	Реальные твердые тела. Энергетическая и геометрическая неоднородность твердой поверхности.	2
8	Внешняя и внутренняя поверхности твердого тела. Пористые и непористые тела с большой удельной поверхностью	2
9	Удельная поверхность твердого тела (S _{уд}). Соотношения между удельной поверхностью и размером частиц твердых тел разной структуры. Связь величины S _{уд} с емкостью монослоя.	3
10	Теория мономолекулярной адсорбции Лангмюра. Предпосылки теории. Вывод уравнения адсорбции. Линейная форма уравнения Лангмюра. Определение констант уравнения. Расчет величины удельной поверхности из адсорбционных данных с помощью уравнения Лангмюра.	3
11	Теория мономолекулярной адсорбции Ленгмюра. Возможности и недостатки теории.	3
12	Теория полимолекулярной адсорбции Брунауэра, Эмметта, Теллера (БЭТ). Вывод уравнения	3

	адсорбции.	
13	Теория полимолекулярной адсорбции Брунауэра, Эмметта, Теллера (БЭТ). Уравнение БЭТ в линейной форме. Приложение уравнения к экспериментальным данным. Определение удельной поверхности твердого тела методом БЭТ.	4
14	Определение величины удельной поверхности методом БЭТ. Требования к адсорбатам.	4
15	Определение величины удельной поверхности методом БЭТ Проверка надежности определения емкости монослоя по ур.БЭТ.	4
16	Условия, применения метода БЭТ для определения величины удельной поверхности твердых тел.	4
17	Метод определения величины удельной поверхности по одной точке на изотерме адсорбции.	5
18	Использование стандартных изотерм адсорбции для анализа адсорбционных данных. Критерии выбора стандартных изотерм.	5
19	Анализ изотерм адсорбции с помощью t-графиков: кривые зависимости величины адсорбции от толщины адсорбционной пленки. Расчет величины удельной поверхности по t-графикам. Влияние микро- и мезопористости на форму t-графиков.	5
20	Анализ изотерм адсорбции с помощью as-графиков. Нормализованная величина адсорбции. Отклонения от линейности as-графиков. Преимущества as-графиков.	5
21	Оценка величины удельной поверхности по as—графикам. Преимущества as-графиков.	6
22	Анализ изотерм адсорбции с помощью сравнительных графиков. Сравнение изотерм адсорбции на данном твердом теле и эталоне с помощью t-графиков.	6
23	Точность определения удельной поверхности по адсорбционным данным. Источники погрешностей	6
24	Требования к определению удельной поверхности из адсорбционных данных по методу БЭТ. Выбор адсорбтивов в соответствии со значениями константы С уравнения БЭТ.	6
25	Требования к определению удельной поверхности из адсорбционных данных по методу БЭТ. Выбор адсорбата. Азот как наиболее широко используемый адсорбат для определения удельной поверхности. Возможности применения других адсорбатов.	7
26	Классификация пор по размерам, предложенная Дубининым. Механизмы сорбции газов и паров пористыми твердыми телами. Влияние размера пор.	7
27	Классификация пор по размерам Дубинина. Взаимосвязь механизма заполнения пор с видом изотерм сорбции.	7
28	Классификация сорбентов по виду изотерм сорбции, предложенная Киселевым. Анализ изотерм сорбции IV типа.	7
29	Изотермы сорбции мезопористых сорбентов. Механизм процесса адсорбции в мезопорах. Капиллярная конденсация в мезопорах.	8
30	Уравнение Томсона (Кельвина), связывающее давление пара жидкости с радиусом кривизны ее поверхности. Вывод уравнения.	8
31	Расчет распределения пор по размерам с помощью уравнения Кельвина. Соотношение между радиусом кривизны мениска и размером пор. Радиусы пор и радиусы «кор». Адсорбционная пленка на стенках пор.	8
32	Использование уравнения Кельвина для расчета распределения пор по размерам. Интервал применимости уравнения Кельвина.	8
33	Адсорбция в мезопорах. Механизм процесса. Предельный объем адсорбированного вещества. Правило Гурвича.	8
34	Сорбционно-десорбционный гистерезис, его причины. Использование десорбционной ветви изотермы для расчета распределения пор по размерам.	8
35	Адсорбция в мезопорах Расчет распределения пор по размерам по изотерме десорбции. Учет двойственной природы десорбируемого адсорбата и толщины адсорбционной пленки на стенках пор.	9
36	Методы вычисления распределения пор по размерам, учитывающие толщину адсорбционной пленки на стенках пор.	9
37	Анализ вида изотерм на микропористых адсорбентах. Механизм адсорбции в микропорах. Оценка объема микропор из адсорбционных данных.	9
38	Изотермы адсорбции на микропористых адсорбентах. Влияние развитой внешней поверхности и наличия мезопор на форму изотерм. Оценка микропористости из изотермы адсорбции.	9
39	Адсорбция на микропористых адсорбентах. Вид изотерм. Оценка объема микропор с помощью as-графиков.	9
40	Адсорбция на микропористых адсорбентах Влияние микро- и мезопористости на форму t-графиков.	9
41	Адсорбция на микропористых адсорбентах Использование t-графиков для определения объема микропор.	9
42	Теория адсорбции в микропорах Дубинина-Радушкевича. Уравнение Дубинина-Радушкевича и его анализ.	9
43	Адсорбция на микропористых адсорбентах Использование уравнения Дубинина-Радушкевича для расчета суммарного объема микропор.	9
44	Условия применения адсорбции газов для оценки параметров пористой структуры и удельной поверхности. Выбор адсорбтива. Способы подготовки адсорбента.	9
45	Условия применения адсорбции газов для оценки параметров пористой структуры и удельной поверхности. Весовой и объемный методы получения изотермы адсорбции	9
46	Условия измерения изотермы адсорбции. источники экспериментальных погрешностей. Необ-	9

	ходимость проверки воспроизводимости изотерм.	
47	Условия применения адсорбции газов для оценки параметров пористой структуры и удельной поверхности. Анализ типа изотермы и петли гистерезиса.	9
48	Условия анализа изотермы адсорбции с помощью метода БЭТ.	9
49	Условия применения адсорбции газов для оценки параметров пористой структуры и удельной поверхности. Определение возможности оценки распределения мезопор по размерам.	9
50	Условия применения адсорбции газов для оценки параметров пористой структуры и удельной поверхности. Оценка микропористости образца по изотерме адсорбции.	9

Вариант типовых заданий (задач, кейсов), разработанных в соответствии с установленными этапами формирования компетенций

№ п/п	Условия типовых заданий (задач, кейсов)	Ответ
1	Указать основные условия процесса адсорбционной очистки газов, содержащих загрязняющие вещества	<p>Адсорбционные методы используются для очистки газов с содержанием газообразных и парообразных примесей. Процесс адсорбции реализуется в установках периодического или непрерывного действия.</p> <p>В установках периодического действия за адсорбцией после насыщения адсорбента улавливаемым веществом следует десорбция, которая проводится в этом же аппарате. В непрерывно действующих установках имеется автономная система регенерации адсорбента или этот процесс организован в самой установке.</p> <p>В качестве адсорбентов используют пористые материалы с высоко развитой внутренней поверхностью синтетического или природного происхождения. Адсорбенты характеризуются величиной эффективного радиуса пор и удельной поверхности, свойствами поверхности, насыпной плотностью и пористостью слоя адсорбента, механической прочностью.</p> <p>Поглотительная способность адсорбентов выражается концентрацией адсорбата в массовой или объемной единице адсорбента. Она зависит от свойств адсорбента, температуры процесса, свойств адсорбтива, его концентрации.</p> <p>К основным типам промышленных адсорбентов относятся активные угли и другие углеродные сорбенты, силикагели, алюмогели, цеолиты и др. Возможно использование в качестве адсорбентов золы, шлаков, опилок, торфа и др.</p>
2	Установить влияние состава внешней жидкой фазы на агрегативное состояние частиц водорастворимого вещества и устойчивость дисперсии. Роль pH, электролита, гидрофильной добавки.	<p>При понижении pH водного раствора вещество анионного типа переходит в форму с малой степенью диссоциации, потерявшие заряд частицы слипаются и образуют осадок. Введение нейтрального электролита в водный раствор создаёт условия для смещения термодинамического равновесия системы в сторону недиссоциированных частиц по правилу Ле-Шателье и также может быть причиной неравномерного распределения ионов, молекул и агрегатов вещества на поверхности субстрата. Гидрофильные добавки способствуют повышению растворимости, активности и подвижности частиц вещества, что способствует увеличению скорости диффузии частиц в растворе.</p>
3	Установить влияние температуры на стабильность и фактор ассоциации водорастворимой органической соли	<p>Фактор агрегации с увеличением температуры снижается: при температуре 20-25 °C составляет 500 – 1000; при температуре 50 °C – 50, а при температуре 98 °C – 1-2.</p>
4	Произвести анализ скорости массопереноса вещества из раствора на твердую фазу (субстрат). Определить условия равновесия по изотермам сорбции. Рассмотреть роль отдельных факторов (полярность растворителя, температура, режим) в периодических и непрерывных процессах.	<p>Условие равновесия предполагает содержание исследуемого вещества во внешнем растворе. На состояние равновесия можно повлиять, меняя pH, добавляя нейтральные соли, полярные органические гидротропные агенты.</p> <p>Повышение температуры в периодических способах способствует десорбции вещества с субстрата во внешний раствор. В непрерывных процессах повышение температуры ведёт к повышению растворимости вещества, его кинетической энергии.</p>

10.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, владений (навыков и (или) практического опыта деятельности), характеризующих этапы формирования компетенций

10.3.1. Условия допуска обучающегося к сдаче экзамена, зачета и к защите курсовой работы и порядок ликвидации академической задолженности

Положение о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся (принято на заседании Ученого совета 31.08.2013г., протокол № 1)

10.3.2. Форма проведения промежуточной аттестации по дисциплине

устная письменная компьютерное тестирование иная*

**В случае указания формы «Иная» требуется дать подробное пояснение*

10.3.3. Особенности проведения экзамена

При проведении экзамена время, отводимое на подготовку к ответу, составляет не более 40 мин. Для выполнения практического задания обучающемуся возможность пользоваться калькулятором.

Сообщение результатов обучающемуся производится непосредственно после устного ответа.