

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна»
(СПбГУПТД)

УТВЕРЖДАЮ
Директор ВШТЭ



Рабочая программа дисциплины

Б1.В.ДВ.03.02 Сорбционные технологии органического синтеза

Учебный план: _____ ФГОСЗ++b180301.12-4 24-14.plx

Кафедра: _____
Общей и неорганической химии

Направление подготовки:
(специальность) _____
18.03.01 Химическая технология

Профиль подготовки:
(специализация) _____
Химическая технология органических веществ

Уровень образования: _____
бакалавриат

Форма обучения: _____
очная

План учебного процесса

Семестр (курс для ЗАО)		Контактная работа обучающихся		Сам. работа	Контроль, час.	Трудоё мкость, ЗЕТ	Форма промежуточной аттестации
		Практ. занятия	Лаб. занятия				
7	УП	34	34	75,75	0,25	4	Зачет
	РПД	34	34	75,75	0,25	4	
Итого	УП	34	34	75,75	0,25	4	
	РПД	34	34	75,75	0,25	4	

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 18.03.01 Химическая технология, утверждённым приказом Минобрнауки России от 07.08.2020 г. № 922

Составитель (и):

Кандидат химических наук, доцент

Иванов А. Р.

От кафедры составителя:

Заведующий кафедрой общей и неорганической химии

Ардашева Л. П.

От выпускающей кафедры:

Заведующий кафедрой

Тришин Ю.Г.

Методический отдел:

1 ВВЕДЕНИЕ К РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЕ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1 Цель дисциплины: Сформировать компетенции обучающегося в области применения сорбционных процессов в химической технологии.

1.2 Задачи дисциплины:

- раскрыть принципы сорбционных процессов;
- обучить студентов основам применения сорбционных процессов в химической технологии и экологии производства;
- научить студентов обоснованному подходу к оценке, выбору и практическому использованию сорбентов в химической технологии.

1.3 Требования к предварительной подготовке обучающегося:

Предварительная подготовка предполагает создание основы для формирования компетенций, указанных в п. 2, при изучении дисциплин:

Общая и неорганическая химия

Органическая химия

Физическая химия

Аналитическая химия и физико-химические методы анализа

Физика

Производственная практика, научно-исследовательская работа

Основы химии природных соединений

Химия древесины и целлюлозы

Материаловедение в технологии органических веществ

2 КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

ПК-2: Способен подготавливать данные и составлять обзоры, отчеты, заявки на изобретения и научные публикации по выполненному заданию с учетом защиты объектов интеллектуальной собственности и коммерческой тайны предприятия
Знать: теорию химической связи в различных классах химических соединений; физико-химическую сущность процессов химической технологии с применением сорбентов
Уметь: использовать основные химические и физические законы для понимания механизма сорбционных процессов; осуществлять обоснованный подход к оценке, выбору и практическому использованию сорбентов в химической технологии
Владеть: экспериментальными методами определения физико - химических свойств сорбентов и навыками обработки результатов этих измерений.

3 СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Наименование и содержание разделов, тем и учебных занятий	Семестр (курс для ЗАО)	Контактная работа		СР (часы)	Форма текущего контроля
		Пр. (часы)	Лаб. (часы)		
Раздел 1. Сорбенты. Классификация. Свойства	7				О,К,Л
Тема 1. Сорбционные процессы и технологии на их основе. Основные понятия и термины. Механизм сорбционных процессов. Физическая сорбция и хемосорбция. Удельная поверхность сорбентов, методы ее определения.		14		4	
Тема 2. Сорбенты: их классификация, состав, свойства и применение. Иониты: их классификация, строение и кислотно-основные свойства. Теория ионного обмена. Выбор оптимальных условий использования ионита.		2		20	
Тема 3. Физико-химические характеристики сорбентов. Влажность, кажущийся объем, насыпной вес сорбента. Истинная плотность и коэффициент набухания ионита. Методы их определения Лабораторная работа 1. Синтез силикатного сорбента темплатным способом.			10	6	
Тема 4. Технологические показатели сорбентов. Статическая, динамическая и полная обменные емкости ионитов. Методы их определения. Лабораторная работа 2. Определение кислотно-основных свойств поверхности сорбентов фотометрическим методом с применением индикаторов			6	8	
Тема 5. Кинетические свойства сорбентов. Константа скорости реакции ионного обмена Лабораторная работа 3. Адсорбция органического красителя на катионите.			10	6	
Тема 6. Сорбционное равновесие. Изотермы сорбции и их характеристики. Уравнение изотермы моно и полимолекулярной адсорбции. Определение максимальной сорбционной емкости сорбента. Зависимость обменной емкости от величины pH. Кислотно-основное распределение центров адсорбции и методы его определения. Лабораторная работа 4. Изучение влияния магнитного поля на распределение кислотно-основных центров адсорбции на поверхности силикагеля.			8	8	

Раздел 2. Применение сорбционных технологий в промышленности и синтезе				
Тема 7. Технология получения химических соединений на основе сорбционных процессов. Технология ионообменного синтеза заданного продукта. Выбор сорбента для очистки органических препаратов от примесей. Технологии разделения оптических изомеров и их применение в фармакологии. Энантиомерно чистые лекарства. Расчетно-графическая работа 1. Расчет изотермы адсорбции паров органического вещества на минеральном оксиде.	8		13,75	РГР
Тема 8. Сорбционные технологии в экологии и медицине. Сорбционные методы очистки воды и газов. Лекарственные препараты для детоксикации организма Энтеросорбенты, теория и практика их использования. Расчетно-графическая работа 2. Расчет изотермы адсорбции органического или неорганического красителя из водного раствора на сорбенте (ионите)	10		10	
Итого в семестре (на курсе для ЗАО)	34	34	75,75	
Консультации и промежуточная аттестация (Зачет)	0,25			
Всего контактная работа и СР по дисциплине	68,25		75,75	

4 КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

Курсовое проектирование учебным планом не предусмотрено

5. ОПИСАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ, КРИТЕРИЕВ, СИСТЕМЫ И СРЕДСТВ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ

5.1 Показатели оценивания

Код компетенции	Показатели оценивания результатов обучения
ПК-2	Демонстрирует знание теории химической связи в различных классах химических соединений и понимание физико- химической сущности процессов химической технологии с применением сорбентов наполнителей, пигментов и других твердых веществ. Проявляет умение использовать основные химические и физические законы для понимания механизма сорбционных процессов. Демонстрирует владение теоретическими методами описания свойств простых и сложных веществ на основе электронного строения их атомов и положения в Периодической системе химических элементов. Показывает владение навыками обработки результатов определения физико- химических свойств твердых веществ Излагает основные этапы качественного и количественного анализа сорбентов, теоретические основы синтеза твердых веществ с заданными свойствами и принципы разработки методов анализа поверхностных свойств твердых веществ. Показывает умение осуществлять обоснованный подход к оценке, выбору и практическому использованию твердых веществ в химической технологии и оценивать эффективность сорбции на твердых веществах

5.2 Система и критерии оценивания

Шкала оценивания	Критерии оценивания сформированности компетенций	
	Устное собеседование	Письменная работа
Зачтено	Обучающийся показывает достаточный уровень знания теоретических основ	Обучающийся демонстрирует правильное понимание условия задачи, владение

	сорбционных процессов и технологий на их основе; свободно ориентируется в основных понятиях и терминах дисциплины; своевременно выполнил все лабораторные, расчетно-графические работы и практические задания.	навыками его анализа, выбора нужных законов и формул для ее решения, знание размерностей химических величин. Умеет применять математический аппарат для реализации плана решения задачи. Получил правильный ответ и может его интерпретировать.
Не зачтено	Обучающийся не имеет достаточного уровня знания дисциплины; плохо ориентируется в основных понятиях и определениях; не выполнил (или частично выполнил) лабораторные, расчетно-графические работы и практические задания; допускает при ответе на зачете существенные ошибки и не может устранить их даже под руководством преподавателя.	Обучающийся не может проанализировать условие задачи, наметить план ее решения плохо ориентируется в химических величинах, не владеет математическим аппаратом.

5.3 Типовые контрольные задания и/или иные материалы, используемые для оценки результатов обучения

5.3.1 Типовые контрольные вопросы

№ п/п	Формулировки вопросов
Семестр 7	
1	Сорбционное взаимодействие. Понятия: сорбция и адсорбция, сорбаты и сорбенты.
2	Причины, механизм и термодинамика сорбционных процессов. Энергия Гиббса.
3	Природа сорбционных сил. Физическая сорбция и хемосорбция. Энергия сорбционного взаимодействия. Обратимость сорбционных процессов.
4	Поверхностная активность. Поверхностно активные и поверхностно инактивные вещества.
5	Ионообменная сорбция.
6	Удельная поверхность материала, как критерий оценки поверхностной активности сорбента.
7	Методы определения удельной поверхности твердых материалов.
8	Определения активности угля по йодному числу и по адсорбции красителей.
9	Сорбенты, их состав и структура. Матрица, функциональные группы сорбентов.
10	Пористая структура сорбентов. Классификация сорбентов по размеру и однородности пор.
11	Классификация сорбентов по природе и происхождению исходного сырья. Примеры.
12	Иониты, их строение, состав и свойства.
13	13 Механизм ионообменного взаимодействия.
14	Природные и синтетические иониты. Полимеризационные и поликонденсационные ионообменные смолы.
15	Классификация ионитов по знаку заряда обменивающихся ионов и степени диссоциации функциональных групп.
16	Структурная классификация ионитов.
17	Физико-химические характеристики сорбентов, методы их определения.
18	Набухаемость органических ионитов. Факторы, влияющие на этот показатель.
19	Критерии и методы оценки набухания ионитов.
20	Технологические показатели сорбентов и методы их определения
21	Статическая и динамическая обменная емкость ионитов. Методы их оценки.
22	Полная динамическая обменная емкость и способ ее определения.
23	Влияние pH на обменную емкость катионитов, анионитов и амфотерных ионитов различной силы
24	Кинетические свойства сорбентов и критерии их оценки.
25	Кинетические кривые сорбции, их построение и анализ.
26	Механизм, основные стадии и кинетика ионного обмена.
27	Определение лимитирующей стадии ионного обмена методом прерывания сорбции.
28	Характеристика внутридиффузионных процессов сорбции. Коэффициент диффузии.
29	Математическое моделирование кинетики сорбции.
30	Сорбционное равновесие. Равновесие ионного обмена.
31	Изотермы сорбции, их построение, формы и анализ

32	Классификация изотерм сорбции. Выбор модели изотермы сорбции.
33	Уравнение изотермы Ленгмюра для мономолекулярной адсорбции. Константа адсорбционного равновесия
34	Физический смысл констант в уравнении Ленгмюра
35	Определение предельной емкости монослоя сорбента.
36	Изотерма адсорбции Фрейдлиха на неоднородной поверхности сорбента.
37	Уравнение изотермы Фрейдлиха и вычисление ее констант.
38	Границы применимости этого уравнения Фрейдлиха.
39	Ступенчатые изотермы полимолекулярной адсорбции. Уравнение Фрумкина
40	Критерии оценки природы сорбционного взаимодействия на основе кинетических кривых и изотерм сорбции
41	Методы поверхностного модифицирования сорбционных материалов.
42	Хемосорбционная модификация поверхности сорбентов.
43	Получение многофункциональных сорбентов методом послойной фиксации функциональных групп
44	Поверхностная модификация сорбентов методом электромагнитной обработки.
45	Применение сорбентов в химической технологии органических и неорганических веществ,
46	Применение сорбентов в производстве, минеральных удобрений. .
47	Назначение и использование сорбентов в гидрометаллургической промышленности.
48	Типовые методы ионообменного получения электролитов различных классов и свойств.
49	Сорбционные технологии для подготовки воды в теплоэнергетике и в химической промышленности:
50	Сорбционные методы очистки сточных вод от ионов жесткости и тяжелых металлов.

5.3.2 Типовые тестовые задания

Не предусмотрено

5.3.3 Типовые практико-ориентированные задания (задачи, кейсы)

1 Рассчитайте удельную поверхность двуокиси титана по адсорбции азота при 750 К по линейному уравнению БЭТ, найдите A_{∞} и C , на основании следующих данных:
Р, Па 60,94 116,41 169,34 218,65 272,25;
А, моль/кг 0,367 0,117 0,467 0,512 0,567 ,
если давление насыщенного пара азота при указанной температуре $P_s = 78,3 \cdot 10^3$ Па, площадь, занимаемой одной молекулой азота $S_0 = 0,16$ нм².

2 Удельная поверхность непористой сажи равна 73,7 м²/кг. Рассчитайте площадь, занимаемую молекулой бензола в плотном монослое, исходя из данных об адсорбции бензола на этом адсорбенте при 293:
Р, Па 1,03 1,29 1,74 2,50 6,67
А·10², моль/кг 1,57 1,94 2,55 3,51 7,58. Предполагается, что изотерма адсорбции описывается уравнением Ленгмюра.

3 К 3,0 г катионита в Н⁺ - форме добавлено 100 мл 0,1525 м раствора гидроксида натрия. После установления равновесия концентрация гидроксидных ионов уменьшилась до 0,0255 м. Определите статическую обменную ёмкость катионообменника.

4 Рассчитайте насыпную плотность силикагеля, если массы пустого цилиндра объемом 100 см³ и цилиндра, заполненного абсолютно сухим сорбентом равны 93,29 г и 150,55г

5 Через колонку, заполненную катионитом массой 10 г, пропустили 250,0 мл 0,08 М CuSO₄. Выходящие из колонки порции раствора по 50,0 мл титровали 0,1 н. раствором тиосульфата натрия ($f_{\text{экв}} = 1$) и получили следующие результаты:

Порция раствора	1	2	3	4	5
Расход тиосульфата на титрование, мл.	0	12,00	25,00	39,20	39,20

Вычислите динамическую ёмкость катионита по меди (ммоль/г), принимая во внимание молярную эквивалентную массу металла.

6 К 2 л сточной воды добавили 10 г катионита КУ-2-8 и установили pH 6. Известно, что в этих условиях ионы Cu²⁺ и Ni²⁺ сорбируются с коэффициентами распределения 1000 и 300 г/мл соответственно. После десорбции в концентрате химическим анализом обнаружено 35,0 мг Cu²⁺ и 7,3 мг Ni²⁺. Какова концентрация этих ионов в сточной воде?

7 Какая масса Co(2+) останется в растворе, если через хроматографическую колонку, заполненную 5 г катионита в Н⁺ – форме, пропустили 200,0 мл 0,1 н раствора CoCl₂. Полная динамическая ёмкость катионита равна 1,60 мэкв/г.

8 Навеску 5100 г золотосодержащей руды растворили полностью в 10 л цианид – содержащего раствора. Затем 1000 мл этого раствора пропустили через колонку, содержащую 10 г активированного угля, который количественно сорбирует золото. Уголь сожгли. Его вес после сжигания составил 0,5378 г. Зола подвергли анализу методом пробирной плавки и определили, что она содержит 0,0015 г золота. Найдите содержание золота в руде, угле и золе, а также степень его концентрирования (по отношению к руде на всех этапах анализа).
Ответ: W_{Au} (в руде) = 2,94·10⁻⁴ %; W_{Au} (в угле) = 0,015 %; W_{Au} (в золе) = 0,278 %; степень концентрирования = 1:51:946

5.4 Методические материалы, определяющие процедуры оценивания результатов обучения

5.4.1 Условия допуска обучающегося к промежуточной аттестации и порядок ликвидации академической задолженности

Проведение промежуточной аттестации регламентировано локальным нормативным актом СПбГУПТД «Положение о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся»

5.4.2 Форма проведения промежуточной аттестации по дисциплине

Устная ☐ + Письменная ☐ + Компьютерное тестирование ☐ Иная ☐

5.4.3 Особенности проведения промежуточной аттестации по дисциплине

Студенты, выполнившие все требования текущего контроля, на зачете отвечают на два теоретических вопроса и решают одну практическую задачу. Время на подготовку составляет 30 минут. Преподаватель вправе задать несколько дополнительных вопросов.

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1 Учебная литература

Автор	Заглавие	Издательство	Год издания	Ссылка
6.1.1 Основная учебная литература				
Уваров, Н. Ф., Матейшина, Ю. Г.	Химия твердого тела	Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет	2019	http://www.iprbookshop.ru/99242.html
Берсенёва, В. С., Бакулев, В. А., Иванцовой, М. Н.	Сорбционные методы выделения продуктов биосинтеза	Екатеринбург: Издательство Уральского университета	2018	http://www.iprbookshop.ru/106785.html
6.1.2 Дополнительная учебная литература				
А.А. Комиссаренков, О.В. Федорова, А.Р. Иванов	Сорбционные технологии. Синтез и определение свойств сорбентов [Текст] : учебно-методическое пособие для выполнения курсовой работы	М-во образования и науки РФ, ВШТЭ СПбГУПТД. - СПб.: ВШТЭ СПбГУПТД	2018	http://nizrp.narod.ru/metod/kafobshineorgh/2018_06_10_01.pdf
А.Р.Иванов	ОСНОВЫ ХИМИИ ТВЕРДЫХ ВЕЩЕСТВ. Синтез и изучение свойств сорбентов: учебное пособие для студентов очной формы обучения	М-во науки и высшего образования РФ, С.- Петерб. гос. ун-т пром. технологий и дизайна, Высш. шк. технологии и энергетики.-Санкт- Петербург:– ВШТЭ СПбГУПТД	2020	http://nizrp.narod.ru/metod/kafobshineorgh/1611394450.pdf
А.Р. Иванов	Основы химии твердых веществ. Теоретические основы и методики выполнения анализа : методические указания для студентов очной формы обучения по направлению подготовки : 18.03.10 — Химическая технология	М-во науки и высшего образования РФ, С.- Петерб. гос. ун-т пром. технологий и дизайна, Высш. шк. технологии и энергетики. - Санкт- Петербург : ВШТЭ СПбГУПТД	2021	http://nizrp.narod.ru/metod/kafobshineorgh/1622923020.pdf
А. Р. Иванов	Основы химии твердых веществ. Теоретические основы и методики выполнения анализа: Практикум	М-во науки и высшего образования РФ, С.- Петерб. гос. ун-т пром. технологий и дизайна, Высш. шк. технологии и энергетики.—Санкт- Петербург: ВШТЭ СПбГУПТД	2023	http://nizrp.narod.ru/metod/kafobshineorgh/1700795215.pdf
И. Н. Дмитриевич, А. Р. Иванов	Основы химии твердых веществ: учебно- методическое пособие	М-во науки и высшего образования РФ, С.- Петерб. гос. ун-т пром. технологий и дизайна, Высш. шк. технологии и энергетики.- Санкт- Петербург ВШТЭ СПбГУПТД	2022	http://nizrp.narod.ru/metod/kafobshineorgh/1657222213.pdf

6.2 Перечень профессиональных баз данных и информационно-справочных систем

1. Электронно-библиотечная система IPRbooks [Электронный ресурс]. URL: <http://www.iprbookshop.ru/>
2. Электронная библиотека ВШТЭ СПб ГУПТД [Электронный ресурс]. URL: <http://nizrp.narod.ru>
3. Электронно-библиотечная система «Айбукс» [Электронный ресурс]. URL: <https://www.ibooks.ru/>
4. Единое окно доступа к образовательным ресурсам / Федеральный портал / Федеральный центр ЭОР / Единая коллекция ЦОР [Электронный ресурс]. URL: [http://window.edu.ru/](http://window.edu.ru;);
5. Лань [Электронный ресурс]. URL: <http://e.lanbook.com/books/>;
6. ЭБС "Университетская Библиотека Онлайн" [Электронный ресурс]. URL: <http://biblioclub.ru/>.
7. Сорбционная технология очистки производственных и поверхностно-ливневых стоков[Электронный ресурс]. URL: <http://-7sbabno2abl4a9aggb.xn--p1ai/oborudovanie/sorbcionnaa-tehnologia-ochistki-proizvodstvennyh-i-poverhnostno-livnevyyh-stokov.html>
8. СОРБЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СОВРЕМЕННОЙ МЕДИЦИНЕ [Электронный ресурс]. URL: http://www.plastytop.ru/articles/sorbtsionnye_tekhnologii_v_sovremennoy_meditsine.htm

6.3 Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения

MicrosoftWindows 8

MicrosoftOfficeProfessional 2013

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

Аудитория	Оснащение
Б-306	Вытяжные шкафы, весы аналитические, комплект посуды для количественного анализа и водоподготовки, вакуумный сушильный шкаф, электрические плитки , спектрофотометры и фотоколориметры ФЭК 56-М, КФК-2, КФК-3, Юнико 1201, СФ-2000, рН – метры марки ИПЛ – 301, хроматограф Цвет 100, высокочастотные титраторы, концентратомер КН-1, прибор для капиллярного электрофореза «Капель 3»
Учебная аудитория	Мультимедийное оборудование, специализированная мебель, доска