

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.03.01 Основы химии твердых веществ органического синтеза

Учебный план: _____ ФГОС3++b180301.12-1234_26-14.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.	Трудоёмкость, 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:

Фахретдинова А. Р.

1 ВВЕДЕНИЕ К РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЕ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1 Цель дисциплины: Сформировать компетенции обучающегося в области химии твердых веществ органического синтеза в химической технологии.

1.2 Задачи дисциплины:

- расширить представление обучающихся о поверхностных свойствах твердых веществ и механизме сорбционных процессов, протекающих с их участием;
- обучить основам применения сорбционных процессов в химической технологии и в природоохранных мероприятиях;
- научить обоснованному подходу к оценке, выбору и практическому использованию твердых веществ 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:

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: - основные этапы качественного и количественного химического анализа твердых веществ;
- теоретические основы синтеза твердых веществ с заданными свойствами;
- принципы разработки методов анализа поверхностных свойств твердых веществ.

Уметь: - осуществлять обоснованный подход к оценке, выбору и практическому использованию твердых веществ в химической технологии;
- оценивать эффективность сорбции на твердых веществах в технологических процессах;
- организовать контроль качества выпускаемой продукции с использованием типовых методов

Владеть: - теоретическими методами описания свойств простых и сложных веществ на основе электронного строения их атомов и положения в Периодической системе химических элементов;
- экспериментальными методами определения физико-химических свойств твердых веществ 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. Теоретические основы химии твердых веществ	7				Ко,К
Тема 1. Химические основы технологий твердых веществ и сорбентов. Специфика в решении задач химии твердых веществ. Лабораторная работа № 1. Определение удельной поверхности угля по адсорбции метиленового голубого.		4	4	4	
Тема 2. Способы классификации дефектов кристаллической решетки. Квазихимический подход в теории химии твердых веществ. Химия твердого тела и химия поверхности. Функция кислотности Гаммета.И Лабораторная работа № 2. зучение кислотно-основных свойств катионита КУ-2 методом потенциометрического титрования.		4	6	8	
Раздел 2. Свойства поверхности твердого тела					Л
Тема 3. Неорганические сорбенты: аморфные, кристаллические, стеклообразные. Лабораторная работа № 3. Синтез силикатного сорбента с хиральными нанопорами		4	6	9,75	
Тема 4. Органические сорбенты. Ионообменные сорбенты: катиониты, аниониты, амфолиты. Полиамфолиты. Комплексообразующие ионообменные смолы. Окислительно-восстановительные ионообменные смолы. Лабораторная работа № 4. Определение динамической обменной емкости ионитов по отношению к ионам тяжелых металлов.		4	6	10	
Раздел 3. Теоретические основы сорбционных процессов					Л,РГР
Тема 5. Функция кислотности Гаммета Н0. и распределение активных центров на поверхности твердого оксида по силе ионизации и кислотно-основным свойствам. Лабораторная работа № 5. Изучение кинетики сорбции ионов тяжелых металлов на сорбентах различных классов		4	4	8	

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. Лабораторная работа № 6. Определение кислотно-основных свойств поверхности сорбентов фотометрическим методом с применением индикаторов		4	4	8	
Тема 7. Технология получения и применения твердых веществ с различными функциональными свойствами. Золь-гель метод. Метод молекулярного наслаивания. Метод молекулярного импринтинга. Мезопористые высокоупорядоченные силикагели. Термины и определения в нанотехнологии. Технология ионообменного синтеза заданного продукта. Синтез и модифицирование композиций с функцией сорбентов, наполнителей, пигментов. Лабораторная работа № 7. Изучение влияния магнитного поля на распределение кислотно-основных центров адсорбции на поверхности силикагеля		4	4	12	
Тема 8. Перспективы развития химии и технологии твердых веществ. Сорбционные технологии с использованием твердых веществ в химической промышленности, экологии, медицине и фармацевтике. Сорбционные методы очистки воды и газов. Энтеросорбенты, теория и практика их использования		6		16	
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 БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СИСТЕМА ОЦЕНИВАНИЯ

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

6.1 Показатели оценивания

Код компетенции	Показатели оценивания результатов обучения
ПК-2	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 в технологических процессах. Демонстрирует владение методами обработки результатов определения эффективности сорбционных процессов.

6.2 Система и критерии оценивания

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

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

6.3.1 Типовые контрольные вопросы

№ п/п	Формулировки вопросов
Семестр 7	
1	Закон постоянства состава и границы его применения. Что такое бертоллиды и дальтониды, каково значение этих терминов в теории и на практике?
2	Что характеризует функция кислотности Гаммета? Напишите выражение для функции кислотности Гаммета H_0 в реакции с переносом протона между поверхностью твердого вещества и адсорбатом.
3	Выражение для функции Гаммета H_0 в реакции с переносом электронной пары от адсорбата к поверхности.
4	Способы определения кислотно-основных центров на поверхности твердых веществ.
5	Критерий оценки силы кислотно-основных центров в методе визуального контроля поверхности твердого вещества при адсорбции индикатора?
6	При визуальной оценке кислотно-основных центров твердого тела цвет индикатора соответствует его кислотной форме. Как в этом случае соотносятся функция кислотности поверхности H_0 и pK_a индикатора?
7	Какие методы позволяют количественно дифференцировать кислотно-основные центры твердого вещества по типу и силе?
8	В каких координатах строится дифференциальная кривая потенциометрического титрования кислотно-основных центров?
9	Как выглядят дифференциальные кривые потенциометрического титрования функциональных групп твердого вещества?
10	Опишите причины и механизм адсорбции поверхностью твердого вещества
11	Назовите основные модели процессов адсорбции. Что такое изотерма адсорбции?
12	Изложите основные понятия теории адсорбции Ленгмюра
13	Уравнение Ленгмюра и входящие в него величины.
14	Анализ уравнения Ленгмюра для малых, средних и больших концентраций адсорбтива.
15	Изотермы адсорбции для мономолекулярной и полимолекулярной адсорбции. Поясните их характер.
16	Уравнение Фрейндлиха. Границы его применения.
17	Основные положения теории БЭТ и соответствующая ему изотерма адсорбции.
18	Основное уравнение теории БЭТ.
19	Расчет удельной поверхности твердого вещества по величине предельного насыщения адсорбционного слоя?

20	Охарактеризуйте влияние на свойства поверхности твердого тела атмосферы, концентрации растворов и соотношения реагентов при его синтезе
21	Технологические показатели сорбентов и методы их определения
22	Статическая и динамическая обменная емкость ионов. Методы их оценки.
23	Полная динамическая обменная емкость и способ ее определения.
24	Влияние pH на обменную емкость катионитов, анионитов и амфотерных ионов различной силы
25	Кинетические свойства сорбентов и критерии их оценки.
26	Кинетические кривые сорбции, их построение и анализ.
27	Механизм, основные стадии и кинетика ионного обмена.
28	Определение лимитирующей стадии ионного обмена методом прерывания сорбции.
29	Характеристика внутридиффузионных процессов сорбции. Коэффициент диффузии.
30	Математическое моделирование кинетики сорбции.
31	Сорбционное равновесие. Равновесие ионного обмена.
32	Изотермы сорбции, их построение, формы и анализ
33	Классификация изотерм сорбции. Выбор модели изотермы сорбции.
34	Уравнение изотермы Ленгмюра для мономолекулярной адсорбции из раствора. Константа адсорбционного равновесия
35	Физический смысл констант в уравнении Ленгмюра
36	Определение предельной емкости моно слоя сорбента.
37	Изотерма адсорбции Фрейндлиха на неоднородной поверхности твердого вещества.
38	Уравнение изотермы Фрейндлиха и вычисление ее констант.
39	Границы применимости этого уравнения Фрейндлиха.
40	Ступенчатые изотермы полимолекулярной адсорбции. Уравнение Фрумкина
41	Критерии оценки природы сорбционного взаимодействия на основе кинетических кривых и изотерм сорбции
42	Методы поверхностного модифицирования твердых веществ.
43	Хемосорбционная модификация поверхности твердых веществ.
44	Получение многофункциональных сорбентов методом послойной фиксации функциональных групп. Метод молекулярного наслаивания.
45	Поверхностная модификация твердых веществ методом электромагнитной обработки.
46	Синтез и модифицирование композиций с функцией сорбентов, наполнителей, пигментов.
47	Ионообменный синтез сорбента с заданными свойствами
48	Типовые методы ионообменного получения электролитов различных классов и свойств.
49	Применение сорбентов в химической технологии органических и неорганических веществ,
50	Применение сорбентов в производстве, минеральных удобрений. .
51	Назначение и использование сорбентов в гидрометаллургической промышленности.
52	Сорбционные технологии для подготовки воды в теплоэнергетике и в химической промышленности:
53	Сорбционные методы очистки сточных вод от ионов жесткости и тяжелых металлов.
54	Применение наполнителей, пигментов и носителей, обладающих сорбционной функцией в технологии ЦБП.
55	Выбор сорбента для очистки органических препаратов от примесей.
56	Применение сорбционных процессов в медицине и фармакологии.
57	Сорбционные методы концентрирования и очистки крови
58	Энтеросорбенты на основе целлюлозосодержащих материалов

6.3.2 Типовые тестовые задания

Не предусмотрено

6.3.3 Типовые практико-ориентированные задания (задачи, кейсы)

1. На основании строения кристаллических решеток определите у фторида натрия, фтороводорода или фтора выше температура плавления.

2. Равные навески оксидов металлов CaO и CuO смешали с одинаковым количеством Al_2O_3 . После прогрева произошло изоморфное растворение Al_2O_3 в оксидах. При этом в CaO повысилась ионная проводимость, а в CuO – электронная. Как при помощи точного взвешивания определить, в каком оксиде какой тип проводимости? Следует отметить, что до введения примеси исходные оксиды имели стехиометрический состав. Напишите квазихимические уравнения происходящих процессов.

3. Где содержится больше брэнстедовских адсорбционных центров в 1 г каждого образца целлюлозы, если первый получен из льняного волокна и имеет молярную массу $5,9 \cdot 10^6$ г/моль, а второй получен из хлопка и имеет массу $1,75 \cdot 10^6$ г/моль, при условии, что оба полимера имеют линейное строение?

4. Рассчитайте удельную поверхность двуокиси титана по адсорбции азота при 750 К по линейному уравнению БЭТ, найдите A^∞ и C, на основании следующих данных:

P·10⁻², Па 60,94 116,41 169,34 218,65 272,25;

A, 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.

5. Через колонку, заполненную катионитом массой 10 г, пропустили 250,0 мл 0,08 М $CuSO_4$. Выходящие из колонки порции раствора по 50,0 мл титровали 0,1 н. раствором тиосульфата натрия ($f_{экв} = 1$) 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 емкость 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 Cu^{2+} и Ni^{2+} сорбируются с коэффициентами распределения 1000 и 300 г/мл соответственно. После десорбции в концентрате химическим анализом обнаружено 35,0 мг Cu^{2+} и 7,3 мг Ni^{2+} . Какова концентрация этих ионов в сточной воде?

7. Какая масса $Co(2+)$ останется в растворе, если через хроматографическую колонку, заполненную 5 г катионита в H^+ – форме, пропустили 200,0 мл 0,1 н раствора $CoCl_2$. Полная динамическая емкость катионита равна 1,60 экв/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: WAu (в руде) = $2,94 \cdot 10^{-4}$ %; WAu (в угле) = 0,015 %; WAu (в золе) = 0,278 %; степень концентрирования = 1:51:946

9. Полная обменная емкость сухого сульфокатионита КУ-2-8 в Na^+ - форме равна 4,8 ммоль/г. Определите предельно возможное количество (г) кобальта (II) и бария (II), которое может сорбироваться из соответствующих растворов 1 г исходного ионита.

10. Известно, что кремний сорбируется анионитом из 0,005 моль/л раствора HF на 80 %. При анализе питьевой воды 2 л её подкислили до указанного значения концентрации плавиковой кислотой и пропустили через колонку с анионитом. Далее анионит десорбировали 10 мл раствора NaOH и фотометрическим анализом обнаружили, что в последнем растворе концентрация кремния составляет 0,2 мг/л. Найти содержание кремния в питьевой воде и степень концентрирования его в щелочном растворе.

11. ПДОЕ ионита по холестерину составляет 0,7 мкмоль/г. Определите массу ионита, при пропускании через которую 100 мл плазмы крови с концентрацией холестерина 4,8 мкмоль/мл, концентрация его понижается до 2 мкмоль/мл.

6.4 Методические материалы, определяющие процедуры оценивания результатов обучения

6.4.1 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»

6.4.2 Форма проведения промежуточной аттестации по дисциплине

Устная ☒ Письменная ☒ Компьютерное тестирование ☐ Иная ☐

6.4.3 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.

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

7.1 Учебная литература

Автор	Заглавие	Издательство	Год издания	Ссылка
7.1.1 Основная учебная литература				
Уваров, Н. Ф., Матейшина, Ю. Г.	Химия твердого тела	Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет	2019	http://www.iprbookshop.ru/99242.html
Гаркушин, И. К., Лаврентьева, О. В., Егорова, Е. М., Кондратьев, И. М.	Реакции с участием твердых тел	Самара: Самарский государственный технический университет, ЭБС АСВ	2017	http://www.iprbookshop.ru/90904.html
Тишин, А. А., Лагунцов, Н. И., Курчатов, И. М., Гуркин, В. Н., Александров, Р. А.	Определение сорбционных и разделительных характеристик сорбентов	Москва: Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»	2018	https://www.iprbookshop.ru/116412.html
7.1.2 Дополнительная учебная литература				
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
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
Ожерельев, В. В., Костюченко, А. В., Канныкин, С. В., Донцов, А. И.	Методы исследования структуры твердых тел	Воронеж: Воронежский государственный технический университет, ЭБС АСВ	2021	https://www.iprbookshop.ru/118616.html

7.2 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/>;
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_meditisine.htm

7.3 Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения

MicrosoftWindows 8

MicrosoftOfficeProfessional 2013

7.4 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