

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «ВГУ»)

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой
физической химии



О.А. Козадеров

08.06.2023 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
Б1.В.05 Физикохимия процессов адсорбции**

1. Код и наименование направления подготовки: 04.04.01 Химия
2. Профиль подготовки/специализация: Физическая химия
3. Квалификация (степень) выпускника: магистр
4. Форма обучения: очная
5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины: физической химии
6. Составители программы: Введенский Александр Викторович, д.х.н., проф.
7. Рекомендована: научно-методическим советом химического факультета от 25.04.23, протокол № 4
8. Учебный год: 2024/2025

Семестр: 3

9. Цели и задачи учебной дисциплины:

Целями освоения учебной дисциплины являются:

– подготовка специалистов химиков, владеющих современными методами исследования, контроля и управления процессами, протекающими на межфазной границе, способных творчески их применять.

Задачи учебной дисциплины:

– дать общие феноменологические представления о термодинамике и кинетике адсорбционных процессов;

– познакомить с основными закономерностями адсорбции органических и неорганических соединений на электродах;

– проиллюстрировать влияние адсорбции на основные стадии электродных процессов.

10. Место учебной дисциплины в структуре ООП:

Вариативная часть. Обязательная дисциплина.

Для освоения этой части цикла студент должен иметь базовые знания фундаментальных разделов физики и химии, (прежде всего физической, неорганической, аналитической и органической), уметь применять основные законы химии и физики при обсуждении полученных результатов, в том числе с привлечением информационных баз данных.

11. Планируемые результаты обучения по дисциплине/модулю (знания, умения, навыки), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями) и индикаторами их достижений:

Код	Название компетенции	Код(ы)	Индикатор(ы)	Планируемые результаты обучения
ПК-1	Способен проводить сбор, систематизацию и критический анализ научной, технической и патентной информации, необходимой для решения исследовательских задач химической направленности	ПК-1.1	Обеспечивает сбор научной, технической и патентной информации, необходимой для решения исследовательских задач	Знать: современные направления развития учения об адсорбции, основные принципы построения изотерм адсорбции, физико-химические условия, определяющие форму изотермы.
		ПК-1.2	Составляет аналитический обзор собранной научной, технической и патентной информации по тематике исследовательского проекта	Уметь: оценивать перспективы развития науки в области физикохимии адсорбции; обосновать актуальность и научную новизну работы. Владеть: основными расчетными методами анализа адсорбционных явлений применительно к электродным процессам.
ПК-3	Способен на основе критического анализа результатов НИР и НИОКР оценивать	ПК-3.1	Систематизирует информацию, полученную в ходе НИР и НИОКР, анализирует ее и сопоставляет с литературными	Знать: современные представления о термодинамике и кинетике адсорбционных процессов. Уметь: оценивать по опытным данным возможность

	перспективы их практического применения и продолжения работ в области физической и неорганической химии	ПК-3.2	данными Определяет возможные направления развития работ и перспективы практического применения полученных результатов	реализации определенного типа равновесной адсорбционной изотермы, определять параметры равновесия процесса адсорбции и его скорость Владеть: навыками феноменологического моделирования адсорбционных процессов и построения квазиравновесных и кинетических изотерм разных типов.
--	---	--------	--	---

12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час — 7 / 252.

Форма промежуточной аттестации экзамен

13. Виды учебной работы

Вид учебной работы		Трудоемкость			
		Всего	По семестрам		
			Семестр 3		
Аудиторные занятия		74	74		
в том числе:	лекции	18	18		
	практические	18	18		
	лабораторные	38	38		
Самостоятельная работа		142	142		
Форма промежуточной аттестации <i>экзамен</i>		36	36		
Итого:		252	252		

13.1. Содержание дисциплины

п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины	Реализация раздела дисциплины с помощью онлайн-курса, ЭУМК
Лекции			
1.1	Адсорбция. Основные понятия.	Основные понятия: адсорбция, адсорбат, адсорбент, изотерма адсорбции, степень заполнения поверхности. Термодинамика поверхности жидкости. Поверхностное натяжение растворов. Уравнение Гиббса. Поверхность твердого тела.	ЭУМК «Физикохимия процессов адсорбции» https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=10582
1.2	Адсорбция из газовой фазы.	Поверхность раздела твердое тело – газ. Взаимодействие молекул с поверхностью. Физическая и химическая	ЭУМК «Физикохимия процессов адсорбции»

		адсорбция. Термодинамика адсорбции. Связь поверхностного натяжения с адсорбцией. Измерение поверхностного натяжения и методы изучения адсорбции. Изотермы адсорбции Генри и Лэнгмюра. Уравнение БЭТ.	https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=10582
1.3	Адсорбция из раствора на однородных поверхностях.	Поверхностная активность органических соединений. Методы адсорбционных измерений. Изотермы адсорбции и уравнения состояния поверхностного слоя. Изотерма адсорбции Лэнгмюра. Диссоциация и ассоциация молекул адсорбата. Макромодели поверхностного слоя и влияние электрического поля на адсорбцию органических молекул. Заместительная адсорбция. Линейная вольтамперометрия с учетом адсорбции продукта или реагента.	ЭУМК «Физикохимия процессов адсорбции» https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=10582
1.4	Адсорбционное равновесие на неоднородных поверхностях.	Адсорбция на неоднородных поверхностях. Изотермы Темкина и Фрумкина. Изотермы Фольмера и Фрейндлиха. Влияние природы металла на адсорбцию органических соединений. Обобщенная изотерма Конуэя-Гилеади. Линейная вольтамперометрия с учетом одновременной адсорбции продуктов и реагентов. Соадсорбция.	ЭУМК «Физикохимия процессов адсорбции» https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=10582
1.5	Кинетика адсорбции.	Кинетика адсорбции и электродесорбции на однородных поверхностях. Методы адсорбционно-кинетических измерений. Стационарные заполнения. Кинетические изотермы. Кинетические закономерности адсорбции на неоднородных поверхностях. Влияние адсорбции на кинетику электродных процессов в условиях замедленного массопереноса. Уравнение Рогинского-Зельдовича. Кинетика адсорбции с учетом обобщенной изотермы. Соадсорбция. Кинетика электродных процессов в условиях замедленной адсорбции.	ЭУМК «Физикохимия процессов адсорбции» https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=10582
1.6	Микроскопические модели адсорбции.	Квантово-химический подход к описанию адсорбционных систем. Кластерный подход. Проблемы выбора базиса. Адсорбция гидроксид- и хлорид-ионов из газовой фазы. Газофазная адсорбция молекул воды. Учет растворителя в континуальном, микроскопическом и континуально-микроскопическом приближении. Моделирование заряда поверхности. Частичный перенос заряда	ЭУМК «Физикохимия процессов адсорбции» https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=10582

		при адсорбции. Расчет характеристичных частот колебаний на кластере со свободными связями. Методы in situ определения микроскопических адсорбционных параметров. Квантово-химический расчет адсорбционных характеристик малых органических молекул и ионов. Проблемы установления адсорбционной позиции.	
2. Практические занятия			
2.1	Адсорбция. Основные понятия.	Способы экспериментального определения и расчета изотермы адсорбции, степени заполнения поверхности. Поверхностное натяжение растворов. Уравнение Гиббса. Термодинамический подход к описанию поверхности жидкости и твердого тела.	ЭУМК «Физикохимия процессов адсорбции» https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=10582
2.2	Адсорбция из газовой фазы.	Измерение поверхностного натяжения и методы изучения адсорбции. Изотермы адсорбции Генри и Лэнгмюра. Уравнение БЭТ.	ЭУМК «Физикохимия процессов адсорбции» https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=10582
2.6	Микроскопические модели адсорбции.	Квантово-химический подход к описанию адсорбционных систем. Кластерный подход. Учет растворителя в континуальном, микроскопическом и континуально-микроскопическом приближении. Моделирование заряда поверхности. Частичный перенос заряда при адсорбции. Расчет характеристичных частот колебаний на кластере со свободными связями. Квантово-химический расчет адсорбционных характеристик малых органических молекул и ионов.	ЭУМК «Физикохимия процессов адсорбции» https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=10582
3. Лабораторные работы			
3.3	Адсорбция из раствора на однородных поверхностях.	Методы адсорбционных измерений. Изотерма адсорбции Лэнгмюра. Диссоциация и ассоциация молекул адсорбата. Заместительная адсорбция. Линейная вольтамперометрия с учетом адсорбции продукта или реагента.	ЭУМК «Физикохимия процессов адсорбции» https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=10582
3.4	Адсорбционное равновесие на неоднородных поверхностях.	Адсорбция на неоднородных поверхностях. Изотермы Темкина и Фрумкина, Фольмера и Фрейндлиха. Влияние природы металла на адсорбцию органических соединений. Обобщенная изотерма Конуэя-Гилеади. Линейная	ЭУМК «Физикохимия процессов адсорбции» https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=10582

		вольтамперометрия с учетом одновременной адсорбции продуктов и реагентов.	=10582
3.5	Кинетика адсорбции.	Кинетика адсорбции и электродесорбции на однородных поверхностях. Методы адсорбционно-кинетических измерений. Стационарные заполнения. Кинетические изотермы. Кинетические закономерности адсорбции на неоднородных поверхностях. Кинетика электродных процессов в условиях замедленной адсорбции.	ЭУМК «Физикохимия процессов адсорбции» https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=10582

13.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Виды занятий (часов)				
		Лекции	Практические	Лабораторные	Самостоятельная работа	Всего
1	Адсорбция. Основные понятия.	2	6		30	38
2	Адсорбция из газовой фазы.	2	6		28	36
3	Адсорбция из раствора на однородных поверхностях.	2		12	28	42
4	Адсорбционное равновесие на неоднородных поверхностях.	2		12	28	42
5	Кинетика адсорбции.	6		14	32	52
6	Микроскопические модели адсорбции	4	6		32	42
	Итого	18	18	38	178	252

14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Работа с литературой, выполнение домашних заданий

При реализации дисциплины с использованием дистанционных образовательных технологий используются инструменты электронной информационно-образовательной среды ВГУ «Электронный университет ВГУ» (<https://edu.vsu.ru>) и/или «МООК ВГУ» (<https://mooc.vsu.ru>), сервисы видеоконференций (BigBlueButton, Zoom, Discord и др.), электронная почта, мессенджеры и соцсети.

15. Перечень основной и дополнительной литературы, ресурсов интернет, необходимых для освоения дисциплины

а) основная литература:

№ п/п	Источник
1	Дамаскин Б.Б. Электрохимия : [учебное пособие для студ., обуч. по направлению подгот. "Химия"] / Б.Б. Дамаскин, О. А. Петрий, Г. А. Цирлина .— Изд. 3-е, испр. — Санкт-Петербург [и др.] : Лань, 2015 .— 670 с.
2	Еремин В.В. Основы физической химии. Учебное пособие в 2 ч. 1 / В.В. Еремин .— 3-е изд. эл. — Москва : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2013 .— 322 с. — <URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=214231 >.

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
3	Ролдугин В.И. Физикохимия поверхности / В.И. Ролдугин. – М. : ЦУП Интеллект, 2008. – 568 с.
4	Дамаскин Б.Б. Адсорбция органических соединений на электродах / Б.Б.Дамаскин, О.А.Петрий, В.В.Батраков – М. : Наука, 1968. – 334 с.
5	Делахей П. Двойной слой и кинетика электродных процессов / П. Делахей – М. : Мир, 1967. – 351 с.
6	Грег С. Адсорбция, удельная поверхность, пористость / С. Грег, К. Синг ; пер. с англ. В.А. Эльтекова, Ю.А. Эльтекова; под ред. К.В. Чмутова .— М. : Мир, 1970 .— 407 с.
7	Когановский А. М. Адсорбция растворенных веществ / А.М. Когановский, Т.М. Левченко, В.А. Кириченко ; АН УССР, Ин-т коллоидной химии и химии воды .— Киев : Наукова думка, 1977 .— 223 с.
8	Электродные процессы в растворах органических соединений: учеб. пособие /под ред. Б.Б. Дамаскина – М. : Изд-во Московск. ун-та, 1985. – 312 с.

в) информационные электронно-образовательные ресурсы:

№ п/п	Ресурс
9	ЗНБ ВГУ www.lib.vsu.ru
10	Интернет портал образовательных ресурсов http://window.edu.ru
11	Интернет портал для химиков http://www.chemweb.com
12	Интернет-ресурсы - библиотека http://www.twirpx.com
	ЭУМК «Физикохимия процессов адсорбции» https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=10582

16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы

№ п/п	Источник
1	Введенский А.В., Морозова Н.Б., Бобринская Е.В. Физикохимия процессов адсорбции. Учебно-методическое пособие. — Воронеж. Издательский дом ВГУ. — 2019. — 134 с.
2	Равновесные электродные системы. Граница раздела заряженных фаз : практикум по спец. 011000- Химия / сост.: А.В. Введенский [и др.]. — Воронеж, 2003-. Ч. 3 / Сост.: А.В. Введенский, Е.В. Бобринская, И.В. Протасова, Н.В. Соцкая. — 79 с. : (№ 719) — <URL: http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/jan04059.pdf >.
3	Сборник примеров и задач по электрохимии : учебное пособие / [А.В. Введенский и др.] .— Санкт-Петербург ; Москва ; Краснодар : Лань, 2018 .— 204, [1] с.

17. Информационные технологии, используемые для реализации учебной дисциплины, включая программное обеспечение и информационно-справочные системы (при необходимости)

При реализации дисциплины проводятся лекции, текущая аттестация в форме письменных контрольных работ, практические и лабораторные занятия.

При реализации учебной дисциплины используются элементы электронного обучения и различные дистанционные образовательные технологии, позволяющие обеспечивать опосредованное взаимодействие (на расстоянии) преподавателей и обучающихся, включая инструменты электронной информационно-образовательной среды ВГУ «Электронный университет ВГУ» (<https://edu.vsu.ru>) и/или «МООК ВГУ» (<https://mooc.vsu.ru>), проведение вебинаров, видеоконференций (в том числе с применением сервисов Zoom, Discord и др.), взаимодействие в соцсетях, посредством электронной почты, мессенджеров.

18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

Проектор, ноутбук, доска ученическая.

19. Оценочные средства для проведения текущей и промежуточной аттестаций

Порядок оценки освоения обучающимися учебного материала определяется содержанием следующих разделов дисциплины:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Компетенция(и)	Индикатор(ы) достижения компетенции	Оценочные средства
1.	Адсорбция. Основные понятия.	ПК- 1 ПК- 3	ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-3.1, ПК-3.2	Решение практических заданий, выполнение лабораторных заданий
2.	Адсорбция из газовой фазы.	ПК- 1 ПК- 3	ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-3.1, ПК-3.2	Решение практических заданий, выполнение лабораторных заданий
3.	Адсорбция из раствора на однородных поверхностях.	ПК- 1 ПК- 3	ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-3.1, ПК-3.2	Решение практических заданий, выполнение лабораторных заданий
4.	Адсорбционное равновесие на неоднородных поверхностях.	ПК- 1 ПК- 3	ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-3.1, ПК-3.2	Решение практических заданий, выполнение лабораторных заданий
5.	Кинетика адсорбции.	ПК- 1 ПК- 3	ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-3.1, ПК-3.2	Решение практических заданий, выполнение лабораторных заданий
6.	Микроскопические модели адсорбции	ПК- 1 ПК- 3	ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-3.1, ПК-3.2	Решение практических заданий, выполнение лабораторных заданий
Промежуточная аттестация форма контроля - экзамен				Комплект КИМ

20. Типовые оценочные средства и методические материалы, определяющие процедуры оценивания

20.1. Текущая аттестация

Текущая аттестация по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств:

ПК-1

1) тестовые вопросы:

1. Выберите определение явления адсорбция:

- 1) Накопление того или иного компонента системы на границе раздела фаз;
- 2) Накопление компонента одной фазы в объеме другой;
- 3) Одновременное накопление двух и более компонентов раствора на межфазной границе.

2. Зависят ли физико-химические характеристики адсорбционного процесса от агрегатного состояния адсорбента?

- 1) Зависят, и достаточно сильно;

- 2) Зависят, но очень слабо;
 - 3) Практически не зависят.
3. Сказывается ли изменение температуры среды на характеристики процесса равновесной адсорбции?
- 1) Сказывается, причем достаточно сильно;
 - 2) Сказывается, но слабо;
 - 3) Практически не сказывается.
4. Влияет ли концентрация компонента жидкого раствора на параметры процесса его адсорбционного накопления на твердом адсорбате?
- 1) Влияет, причем весьма заметно;
 - 2) Влияние есть, но весьма слабое;
 - 3) Влияние практически отсутствует.
5. Насколько значима природа растворителя в характеристиках процесса адсорбции при одной и той же концентрации растворенного вещества?
- 1) Играет определяющую роль;
 - 2) Важна, но не очень;
 - 3) Не значима вовсе.
6. Чем определяется среднее "время жизни" частицы адсорбата на поверхности адсорбента?
- 1) Возможными изменениями в состоянии частицы после завершения процесса адсорбции;
 - 2) Продолжительностью устойчивого существования собственно межфазной границы;
 - 3) Обоими факторами.
7. Существуют ли изменения в физико-химическом состоянии поверхности адсорбента после завершения процесса адсорбции?
- 1) Существуют, причем заметные;
 - 2) Существуют, но крайне слабые и в локальной области;
 - 3) Практически отсутствуют.
8. Возможно ли одновременное адсорбционное накопление двух (или более) типов частиц раствора на поверхности адсорбента?
- 1) Возможно, причем часто наблюдается;
 - 2) Возможно, но встречается редко;
 - 3) Практически невозможно.
9. Каково доминирующее положение частицы адсорбата на поверхности адсорбента при модельном рассмотрении процесса?
- 1) Локализованное;
 - 2) Нелокализованное;
 - 3) Произвольное, с изменяющейся локализацией.
10. Возможны ли изменения в состоянии частицы адсорбата после завершения процесса адсорбции?
- 1) Состояние частицы не изменяется;
 - 2) Возможна диссоциация частицы;
 - 3) Возможна ассоциация частиц;
 - 4) Возможно протекание процессов как диссоциации, так и ассоциации.
11. Модель Темкина процессов адсорбции газа на границе с твердым телом развита применительно к поверхности:
- 1) Химически и структурно однородной;
 - 2) Равномерно-неоднородной;
 - 3) Характеризуемой неравномерной неоднородностью.
12. Модель Фрейндлиха процесса адсорбции газа развита для:
- 1) Описания адсорбции частиц газа на равномерно-однородной поверхности;

- 2) Описания адсорбции частиц газа на экспоненциально-неоднородной поверхности;
- 3) Любые типы поверхности твердого тела.

КЛЮЧИ

Вопросы	1	2	3	4	5	6	7	8
Ответы	1	3	1	4	2	2	3	2
Вопросы	9	10	11	12	13	14	15	16
Ответы	3	1	1	1				

ПК-3

1) тестовые задания:

1. Факторы, осложняющие течение процесса локализованной жидкофазной адсорбции:
 - 1) Соадсорбция молекул растворителя;
 - 2) Диссоциация или ассоциация частиц адсорбата;
 - 3) Оба фактора.
2. Чем определяется характер зависимости стандартной свободной энергии Гиббса процесса адсорбции от степени заполнения поверхности?
 - 1) Только типом доминирующей изотермы;
 - 2) Типом изотермы и иными факторы;
 - 3) Связь между свободной энергией Гиббса процесса адсорбции и степенью заполнения поверхности отсутствует.
3. Существует ли зависимость коэффициента активности адсорбата от степени заполнения им энергетически-однородной поверхности адсорбента?
 - 1) Зависимость отсутствует;
 - 2) Активность адсорбата зависит только от степени заполнения поверхности;
 - 3) Коэффициент активности адсорбата определяется не только степенью заполнения поверхности, но и рядом иных факторов.
4. Связан ли тип доминирующей изотермы адсорбции из раствора с природой парных взаимодействий?
 - 1) Связан, причем главным образом;
 - 2) Связан, но весьма слабо и опосредованно;
 - 3) Не связан.
5. Проявляются ли эффекты диссоциации (или димеризации) частиц адсорбата в форме изотермы адсорбции?
 - 1) Проявляются, причем определяющим образом;
 - 2) Проявляются, но достаточно слабо;
 - 3) Практически не проявляются.
6. Существует ли различие в протекании (и последующем описании) процессов одно- и многоцентровой адсорбции?
 - 1) Существует, причем достаточно сильное, определяющее вид изотермы;
 - 2) Различие есть, но весьма слабое;
 - 3) Практически отсутствует.
7. Каким образом, в условиях адсорбции иона на металле, проявляется электродный потенциал?
 - 1) Только через возможные изменения в состоянии иона;
 - 2) Через возможные изменения в состоянии поверхности металла;
 - 3) Важны оба фактора.

8. Какие основные факторы определяют специфику процесса адсорбции на твердом адсорбенте?
- 1) Химическая неоднородность поверхности адсорбента;
 - 2) Структурная неоднородность поверхности адсорбента;
 - 3) Оба фактора крайне важны.
9. Какова доминирующая кинетика брутто-процессов адсорбции и десорбции частицы на химически- и структурно-однородной поверхности твердого тела?
- 1) Диффузионный подвод (отвод) частицы адсорбата;
 - 2) Химическое взаимодействие частиц в системе "адсорбат-адсорбент";
 - 3) Кристаллизационная, обусловленная возможными изменениями в состоянии поверхности.
10. Основной подход при теоретическом моделировании адсорбционных явлений, который более развит?
- 1) Континуальный;
 - 2) Микроскопический, в кластерном приближении;
 - 3) Смешанный.
11. Возможно ли квантово-химическое описание процесса адсорбции частицы из газовой или жидкой фазы на поверхность твердого тела?
- 1) Возможно, но лишь по отношению к адсорбции из газовой фазы;
 - 2) Возможно, но более развито по отношению к адсорбции из жидкой фазы;
 - 3) Невозможно в принципе.

КЛЮЧИ

Вопросы	1	2	3	4	5	6	7	8
Ответы	3	3	1	2	1	1	3	3
Вопросы	9	10	11	12	13	14	15	16
Ответы	2	3	1					

Все задания п. 20.1 рекомендуются к использованию для проведения диагностических работ с целью оценки остаточных знаний по результатам освоения дисциплины

20.2. Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств:

Комплект контрольно-измерительных материалов (КИМ)

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
физической химии
О.А. Козадеров

Направление подготовки / специальность 04.04.01 Химия
Дисциплина: Физико-химия процессов адсорбции
Форма обучения: очная
Вид контроля: экзамен
Вид аттестации: промежуточная

Контрольно-измерительный материал № 1

1. Основные понятия: адсорбция, адсорбат, адсорбент, изотерма адсорбции, степень заполнения поверхности.
2. Влияние адсорбции на кинетику электродных процессов в условиях замедленного массопереноса. Уравнение Рогинского-Зельдовича.

Преподаватель _____ д.х.н., проф. Введенский А.В.

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
физической химии
О.А. Козадеров

_____._____._____

Направление подготовки / специальность 04.04.01 Химия
Дисциплина: Физико-химия процессов адсорбции
Форма обучения: очная
Вид контроля: экзамен
Вид аттестации: промежуточная

Контрольно-измерительный материал № 2

1. Термодинамика поверхности жидкости. Поверхностное натяжение растворов. Уравнение Гиббса. Поверхность твердого тела.
2. Стационарные заполнения. Кинетические изотермы. Кинетические закономерности адсорбции на неоднородных поверхностях.

Преподаватель _____ д.х.н., проф. Введенский А.В.

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
физической химии
О.А. Козадеров

_____._____._____

Направление подготовки / специальность 04.04.01 Химия
Дисциплина: Физико-химия процессов адсорбции
Форма обучения: очная
Вид контроля: экзамен
Вид аттестации: промежуточная

Контрольно-измерительный материал № 3

1. Поверхность раздела твердое тело – газ. Взаимодействие молекул с поверхностью. Физическая и химическая адсорбция.
2. Изотермы Темкина и Фрумкина.

Преподаватель _____ д.х.н., проф. Введенский А.В.

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
физической химии
О.А. Козадеров

Направление подготовки / специальность 04.04.01 Химия
Дисциплина: Физико-химия процессов адсорбции
Форма обучения: очная
Вид контроля: экзамен
Вид аттестации: промежуточная

Контрольно-измерительный материал № 4

1. Термодинамика адсорбции. Связь поверхностного натяжения с адсорбцией.
2. Изотермы Фольмера и Фрейндлиха.

Преподаватель _____ д.х.н., проф. Введенский А.В.

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
физической химии
О.А. Козадеров

Направление подготовки / специальность 04.04.01 Химия
Дисциплина: Физико-химия процессов адсорбции
Форма обучения: очная
Вид контроля: экзамен
Вид аттестации: промежуточная

Контрольно-измерительный материал № 5

1. Измерение поверхностного натяжения и методы изучения адсорбции. Изотермы адсорбции Генри и Лэнгмюра. Уравнение БЭТ.

2. Квантово-химическое моделирование заряда поверхности. Частичный перенос заряда при адсорбции.

Преподаватель _____ д.х.н., проф. Введенский А.В.

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
физической химии
О.А. Козадеров

_____._____._____

Направление подготовки / специальность 04.04.01 Химия
Дисциплина: Физико-химия процессов адсорбции
Форма обучения: очная
Вид контроля: экзамен
Вид аттестации: промежуточная

Контрольно-измерительный материал № 6

1. Поверхностная активность органических соединений. Методы адсорбционных измерений. Изотермы адсорбции и уравнения состояния поверхностного слоя.
2. Кинетика электродных процессов в условиях замедленной адсорбции.

Преподаватель _____ д.х.н., проф. Введенский А.В.

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
физической химии
О.А. Козадеров

_____._____._____

Направление подготовки / специальность 04.04.01 Химия
Дисциплина: Физико-химия процессов адсорбции
Форма обучения: очная
Вид контроля: экзамен
Вид аттестации: промежуточная

Контрольно-измерительный материал № 7

1. Изотерма адсорбции Лэнгмюра. Диссоциация и ассоциация молекул адсорбата.
2. Макромодели поверхностного слоя и влияние электрического поля на адсорбцию органических молекул.

Преподаватель _____ д.х.н., проф. Введенский А.В.

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
физической химии
О.А. Козадеров

_____._____._____

Направление подготовки / специальность 04.04.01 Химия
Дисциплина: Физико-химия процессов адсорбции
Форма обучения: очная
Вид контроля: экзамен
Вид аттестации: промежуточная

Контрольно-измерительный материал № 8

1. Заместительная адсорбция. Линейная вольтамперометрия с учетом адсорбции продукта или реагента.
2. Методы *in situ* определения микроскопических адсорбционных параметров.

Преподаватель _____ д.х.н., проф. Введенский А.В.

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
физической химии
О.А. Козадеров

_____._____._____

Направление подготовки / специальность 04.04.01 Химия
Дисциплина: Физико-химия процессов адсорбции
Форма обучения: очная
Вид контроля: экзамен
Вид аттестации: промежуточная

Контрольно-измерительный материал № 9

1. Адсорбция на неоднородных поверхностях.
2. Квантово-химический расчет адсорбционных характеристик малых органических молекул и ионов.

Преподаватель _____ д.х.н., проф. Введенский А.В.

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
физической химии
О.А. Козадеров

_____._____

Направление подготовки / специальность 04.04.01 Химия
Дисциплина: Физико-химия процессов адсорбции
Форма обучения: очная
Вид контроля: экзамен
Вид аттестации: промежуточная

Контрольно-измерительный материал № 10

1. Влияние природы металла на адсорбцию органических соединений.
Обобщенная изотерма Конуэя-Гилеади.
2. Учет растворителя в континуальном, микроскопическом и континуально-микроскопическом приближении.

Преподаватель _____ д.х.н., проф. Введенский А.В.

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
физической химии
О.А. Козадеров

_____._____

Направление подготовки / специальность 04.04.01 Химия
Дисциплина: Физико-химия процессов адсорбции
Форма обучения: очная
Вид контроля: экзамен
Вид аттестации: промежуточная

Контрольно-измерительный материал № 11

1. Линейная вольтамперометрия с учетом одновременной адсорбции продуктов и реагентов. Соадсорбция.
2. Адсорбция гидроксид- и хлорид-ионов из газовой фазы. Газофазная адсорбция молекул воды

Преподаватель _____ д.х.н., проф. Введенский А.В.

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
физической химии
О.А. Козадеров

— · — · —

Направление подготовки / специальность 04.04.01 Химия
Дисциплина: Физико-химия процессов адсорбции
Форма обучения: очная
Вид контроля: экзамен
Вид аттестации: промежуточная

Контрольно-измерительный материал № 12

1. Кинетика адсорбции и электродесорбции на однородных поверхностях. Методы адсорбционно-кинетических измерений.
2. Расчет характеристичных частот колебаний на кластере со свободными связями.

Преподаватель _____ д.х.н., проф. Введенский А.В.

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
физической химии
О.А. Козадеров

— · — · —

Направление подготовки / специальность 04.04.01 Химия
Дисциплина: Физико-химия процессов адсорбции
Форма обучения: очная
Вид контроля: экзамен
Вид аттестации: промежуточная

Контрольно-измерительный материал № 14

1. Кинетика адсорбции и соадсорбции с учетом обобщенной изотермы.
2. Квантово-химический подход к описанию адсорбционных систем. Кластерный подход. Проблемы выборы базиса и установления адсорбционной позиции.

Преподаватель _____ д.х.н., проф. Введенский А.В.

Требования к выполнению заданий, шкалы и критерии оценивания

Для оценивания результатов обучения на экзамене используются следующие показатели:

- 1) знание основных термодинамических и кинетических закономерностей адсорбционных процессов;
- 2) знание принципов построения изотерм адсорбции;
- 3) знание физико-химических условий, определяющих форму изотермы;
- 4) умение оценивать возможность реализации определенного типа равновесной адсорбционной изотермы по опытным данным;
- 5) умение определять параметры равновесия процесса адсорбции и его скорость;
- 6) владение техникой феноменологического моделирования адсорбционных процессов и построения квазиравновесных и кинетических изотерм разных типов;
- 7) владение основными расчетными методами анализа адсорбционных явлений применительно к электродным процессам.

Для оценивания результатов обучения на экзамене используется 4-балльная шкала: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Соотношение показателей, критериев и шкалы оценивания результатов обучения.

Критерии оценивания компетенций	Уровень сформированности компетенций	Шкала оценок
Всесторонние и глубокие знания по теоретическим основам процессов адсорбции. Их применение для решения задач по основным разделам курса. Безупречное выполнение в процессе изучения дисциплины всех практических заданий, предусмотренных формами текущего контроля. Исчерпывающий ответ на вопросы билета	<i>Повышенный уровень</i>	<i>Отлично</i>
Достаточно полное знание учебного материала, предусмотренного рабочей программой. Успешное выполнение практических заданий. Наличие аргументированного ответа на вопросы билета. Допускаются незначительные ошибки и неточности, которые исправляются после замечания преподавателя	<i>Базовый уровень</i>	<i>Хорошо</i>
Знание основных положений рабочей программы. Затруднения при решении задач. Ответ неполный без объяснений. Ошибки устраняются при дополнительных вопросах преподавателя	<i>Пороговый уровень</i>	<i>Удовлетворительно</i>
Отрывочные знания. Грубые принципиальные ошибки при ответе на вопрос билета. Неумение решать простейшие задачи	–	<i>Неудовлетворительно</i>

Оценка знаний, умений и навыков, характеризующая этапы формирования компетенций в рамках изучения дисциплины осуществляется в ходе текущей и промежуточной аттестаций.

Текущая аттестация проводится в соответствии с Положением о текущей аттестации обучающихся по программам высшего образования Воронежского государственного университета. Текущая аттестация проводится в форме *устного опроса*. Промежуточная аттестация проводится в соответствии с Положением о промежуточной аттестации обучающихся по программам высшего образования.

Контрольно-измерительные материалы промежуточной аттестации включают в себя теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень полученных знаний и практические задания, позволяющие оценить степень сформированности умений и навыков и опыт деятельности. При оценивании используются количественные шкалы оценок. Критерии оценивания приведены выше.

При реализации дисциплины с применением дистанционных образовательных технологий оценки за экзамен/зачет могут быть выставлены по результатам текущей аттестации обучающегося в семестре.