

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

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой
физической химии



Козадеров О.А.

12.04.2024

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.В.06 Физикохимия поверхностных явлений

1. Код и наименование направления подготовки/специальности: 04.04.01 Химия

2. Профиль подготовки: Физическая химия

3. Квалификация выпускника: магистр

4. Форма обучения: очная

5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины: физической химии

6. Составители программы: Козадеров Олег Александрович, доктор химических наук, доцент, Кравченко Тамара Александровна, доктор химических наук, профессор

7. Рекомендована: НМС химического факультета от 11.04.24, протокол № 4

8. Учебный год: 2024/2025 Семестр: 1

9. Цели и задачи учебной дисциплины

Целями освоения учебной дисциплины являются:

- формирование у студента представлений о физической химии поверхностных явлений;
- ознакомление с основными типами межфазных границ в химических системах; законами химической термодинамики, кинетики и электрохимии процессов на межфазных границах, современным уровнем использования этих законов в химических технологиях.

Задачи учебной дисциплины:

- дать представления о базовых понятиях поверхностных явлений;
- ознакомить с современным состоянием науки о поверхностных явлениях.;
- научить выполнять сбор, анализ и обработку источников литературы по физической химии поверхностных явлений;
- выработать навыки анализа современного уровня развития науки о поверхности.

10. Место учебной дисциплины в структуре ООП:

Блок 1. Часть, формируемая участниками образовательных отношений.

Курс «Физикохимия поверхностных явлений» дает представление о месте и значении поверхности раздела в химии, о методах и результатах исследования термодинамики и кинетики гетерогенных химических процессов и о возможности применения законов поверхностных явлений в сорбционных, химических, каталитических, и электрохимических процессах.

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

Код	Название компетенции	Код(ы)	Индикатор(ы)	Планируемые результаты обучения
ПК-2	Способен планировать работу и выбирать адекватные методы решения научно-исследовательских задач в области физической и неорганической химии	ПК-2.1 ПК-2.2	Составляет общий план исследования и детальные планы отдельных стадий; Выбирает экспериментальные и расчетно-теоретические методы решения поставленной задачи, исходя из имеющихся материальных и временных ресурсов.	Знать: понятия поверхности раздела фаз, поверхностной энергии, поверхностного натяжения, наноразмерных систем Уметь: анализировать термодинамические и кинетические закономерности поверхностных явлений Владеть: навыками применения в практической деятельности положений физикохимии поверхностных явлений.
ПК-3	Способен на основе критического анализа результатов НИР и НИОКР оценивать перспективы их практического применения и продолжения работ в области физической и неорганической химии	ПК-3.1 ПК-3.2	Систематизирует информацию, полученную в ходе НИР и НИОКР, анализирует ее и сопоставляет с литературными данными; Определяет возможные направления развития работ и перспективы практического применения полученных результатов.	Знать: данные литературы Уметь: обосновать научную новизну анализируемой работы Владеть: навыками стратегической оценки перспектив развития науки о поверхности

12. Объем дисциплины в зачетных единицах/часах — 5 / 180.

Форма промежуточной аттестации экзамен

13. Трудоемкость по видам учебной работы

Вид учебной работы		Трудоемкость		
		Всего	По семестрам	
			1	
Аудиторные занятия		54	54	
в том числе:	лекции	18	18	
	практические	36	36	
	лабораторные			
Самостоятельная работа		90	90	
в том числе: курсовая работа (проект)				
Форма промежуточной аттестации (экзамен – 36 час.)		36	36	
Итого:		180	180	

13.1. Содержание дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины	Реализация раздела дисциплины с помощью онлайн-курса, ЭУМК*
1. Лекции			
1.1	Поверхностные явления в химии	Физическая химия поверхностных явлений как наука и предмет изучения. Основные понятия. Классификация. Специфика химических и физических свойств.	Электронный курс "Физикохимия поверхностных явлений" https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=9603
1.2	Термодинамика и кинетика адсорбции	Поверхностное натяжение и адсорбция. Адсорбент. Адсорбат. Типы адсорбционных взаимодействий. Дисперсионные силы. Электростатические силы. Молекулярно-статистический расчет адсорбционных равновесий. Электростатические силы при адсорбции. Водородная связь. Изотермы адсорбции. Уравнение Генри. Уравнение Лэнгмюра. Полимолекулярная адсорбция. Уравнение БЭТ. Экспериментальные методы определения адсорбции. Термодинамическое равновесие поверхностного слоя с объемными фазами. Термодинамические функции при адсорбции. Фундаментальные уравнения для поверхностного слоя Гиббса. Свободная энергия, энтропия и теплота адсорбции. Расчет адсорбционных равновесий. Пористые адсорбенты. Уравнение изотермы адсорбции из растворов. Уравнение Фрейндлиха. Кинетическое уравнение адсорбции. Равномерное распределение активных центров. Логарифмическая изотерма Темкина. Кинетическое уравнение Рогинского-Зельдовича (Еловича). Экспоненциальное распределение активных центров. Кинетическое уравнение Бенхема-Барта.	Электронный курс "Физикохимия поверхностных явлений" https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=9603
1.3	Адсорбция и гетерогенный катализ	Лэнгмюровская кинетика каталитических реакций. Кинетика сложных каталитических реакций по Темкину. Прекурсор в адсорбции и катализе.	Электронный курс "Физикохимия поверхностных явлений" https://edu.vsu.ru/course

			/view.php?id=9603
1.4	Нанохимия. Наноразмерные системы	Термодинамика и кинетика зарождения и роста наноразмерных частиц. Методы получения и стабилизации наноразмерных частиц. Размерные эффекты в термодинамике. Возникновение и рост новой фазы. Термодинамические модели зародышеобразования. Связь химического потенциала с размером наночастиц. Равновесный потенциал наночастиц. Уравнение Гиббса-Томсона. Кинетика зарождения и роста новой фазы. Самоорганизация наноразмерных частиц. Фрактальные структуры.	Электронный курс "Физикохимия поверхностных явлений" https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=9603
1.5	Химическая нанотермодинамика и химическая нанокинетика	Термодинамика химических реакций с участием наноразмерных частиц. Константа равновесия и размерный эффект. Разность потенциалов в реакции с участием наночастиц металлов. Кинетика химических реакций с участием наноразмерных частиц. Статистический и макроскопический подходы.	Электронный курс "Физикохимия поверхностных явлений" https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=9603
1.6	Нанокатализ	Специфика нанокаталитических процессов. Самосборка. Площадь поверхности наночастиц. Природа нанокатализа. Катализ полимер-иммобилизованными наночастицами.	Электронный курс "Физикохимия поверхностных явлений" https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=9603
1.7	Поверхностные явления в электрохимии	Двойной электрический слой и адсорбция. Природа электродного потенциала. Скачки потенциалов в электрохимических системах. Связь электрических и адсорбционных явлений. Электрокапиллярные явления. Уравнение Липпмана. Емкость двойного электрического слоя. Изотермы адсорбции Темкина и Фрумкина в электрохимии. Методы исследования. Модельные представления. Теория двойного слоя Фрумкина-Дамаскина. Адсорбция воды. Перенапряжение переноса заряда с учетом ψ' -потенциала.	Электронный курс "Физикохимия поверхностных явлений копия 1" https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=9603
1.8	Электрокатализ на металлах и пассивность	Катализ и механизм электрохимических реакций. Особенности электрокаталитических реакций. Влияние различных факторов на каталитическую активность. Теория элементарного акта переноса заряда и проблема электрокатализа. Электрокаталитическое восстановление кислорода. Катализ на свободных от оксидов металлах. Избирательность при электрокаталитическом восстановлении органических соединений. Хемосорбция. Катализ на анодных оксидных пленках. Избирательность при электрокаталитическом восстановлении органических соединений. Пассивное состояние металлов. Пленочная и адсорбционная теории пассивности.	Электронный курс "Физикохимия поверхностных явлений" https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=9603
1.9	Наноэлектрохимия.	Особенности кинетики наноэлектродных процессов. Электрохимически активные наноматериалы. Катодные процессы на наноэлектродах. Анодные процессы на наноэлектродах. Наноматериалы и топливные элементы. Коррозия наноматериалов.	Электронный курс "Физикохимия поверхностных явлений" https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=9603
2. Практические занятия			
2.1	Поверхностные явления в химии	Поверхностные явления. Роль в природе и промышленности. Общая характеристика проблем физикохимии поверхностных явлений.	Электронный курс "Физикохимия поверхностных явлений копия 1" https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=9603

2.2	Адсорбция. Термодинамика и кинетика адсорбции	Расчет адсорбционных равновесий.	Электронный курс "Физикохимия поверхностных явлений копия 1" https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=9603
2.3	Адсорбция и гетерогенный катализ.	Кинетика сложных каталитических реакций по Темкину.	Электронный курс "Физикохимия поверхностных явлений копия 1" https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=9603
2.4	Нанохимия. Наноразмерные системы	Термодинамические модели зародышеобразования. Кинетика зарождения и роста новой фазы.	Электронный курс "Физикохимия поверхностных явлений копия 1" https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=9603
2.5	Химическая нанотермодинамика и химическая нанокинетика.	Константа равновесия и размерный эффект. Разность потенциалов в реакции с участием наночастиц металлов. Кинетика химических реакций с участием наноразмерных частиц.	Электронный курс "Физикохимия поверхностных явлений копия 1" https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=9603
2.6	Нанокатализ.	Площадь поверхности наночастиц. Катализ полимер-иммобилизованными наночастицами.	Электронный курс "Физикохимия поверхностных явлений копия 1" https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=9603
2.7	Поверхностные явления в электрохимии	Изотермы адсорбции Темкина и Фрумкина в электрохимии. Теория двойного слоя Фрумкина-Дамаскина. Перенапряжение переноса заряда с учетом ψ' -потенциала.	Электронный курс "Физикохимия поверхностных явлений копия 1" https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=9603
2.8	Электрокатализ на металлах и пассивность	Электрокаталитическое восстановление кислорода. Катализ на анодных оксидных пленках. Избирательность при электрокаталитическом восстановлении органических соединений.	Электронный курс "Физикохимия поверхностных явлений копия 1" https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=9603
2.9	Наноэлектрохимия	Наноматериалы и топливные элементы. Коррозия наноматериалов	Электронный курс "Физикохимия поверхностных явлений копия 1" https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=9603

13.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Виды занятий (количество часов)			
		Лекции	Практические	Самостоятельная работа	Всего
1.1-1.6, 2.1-2.6	Поверхностные явления в химии: адсорбция и нанохимия.	12	24	60	96
1.7-1.9, 2.7-2.9	Поверхностные явления в электрохимии: адсорбция и наноэлектрохимия	6	12	30	48
	Экзамен				36
	Итого:	18	36	90	180

14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины:

При освоении лекционного материала необходимо работать как с конспектами лекций, так и с рекомендованной учебной и методической литературой. Практические занятия проводятся с целью выявления уровня освоения материала по теме и способности дать правильную трактовку изученным закономерностям. Контроль освоения теоретического материала проводится после прослушивания студентами лекционного материала по каждой теме в виде коллоквиума. Обучающиеся допускаются к экзамену по совокупности выполненных работ (посещение занятий, работа на практических занятиях, коллоквиумы).

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	Еремин В.В. Основы общей и физической химии : учеб.пособие для студ. высш. учеб. заведений, обуч. по направлению «Химия» / В.В. Еремин, А.Я. Борщевский. – Долгопрудный : Интеллект, 2012. – 847с.
2	Сибаров Д.А. Катализ, каталитические процессы и реакторы / Д.А. Сибаров, Д.А. Смирнова. – СПб. - М. : Лань, 2016. – 200с.
3	Дамаскин Б.Б. Электрохимия : учеб. пособие, 3-е издание / Б.Б. Дамаскин, О.А. Петрий, Г.А. Цирлина. – СПб. - М. : Лань, 2015. – 672с.
4	Русанов А.И. Лекции по термодинамике поверхностей: учеб. пособие / А.И. Русанов. — СПб. - М. - Краснодар: Лань, 2013. — 237с.
5	Теоретическая электрохимия : учебник, 2-е изд. перер. и доп. / А.Л. Ротинян, К.И.Тихонов, И.А.Шошина, А.М. Тимонов. – М. : Студент, 2013. – 494 с.

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
1	Физическая химия : учеб. для вузов : в 2 кн / К.С. Краснов [и др.] ; под ред. К.С. Краснова. – М. : Высш. шк., 2001. – Кн. 1 : Строение вещества. Термодинамика. – 511 с.
2	Физическая химия : учеб. для вузов : в 2 кн / К.С. Краснов [и др.] ; под ред. К.С. Краснова. – М. : Высш. шк., 2001. – Кн. 2 : Электрохимия. Химическая кинетика и катализ. – 318 с.
3	Ролдугин В.И. Физикохимия поверхности / В.И. Ролдугин. – М. : ЦУП Интеллект, 2008. – 568 с.
4	Байрамов В.М. Основы электрохимии : учеб. пособие / В.М. Байрамов ; под. ред. В.В. Лунина. – М. : Academic, 2005. – 236 с.
5	Крылов О.В. Гетерогенный катализ / О.В. Крылов. – М. : Академкнига, 2004. – 679 с.
6	Нанокompозиты металл-ионообменник / Т.А. Кравченко [и др.]. – М. : Наука. 2009. – 391 с.
7	Электрохимия нанокompозитов металл-ионообменник / Т.А. Кравченко [и др.]. – М. : Наука. 2013. – 365 с.
8	Чоркендорф И. Современный катализ и химическая кинетика / И.Чоркендорф, Х. Наймантсведрайт. – Долгопрудный : Интеллект, 2010. – 504 с.
9	Курс физической химии / Я.И.Герасимов [и др.]. – М. : ГНТИХим.лит. 1963. Т. 1. – 624 с.
10	Сергеев Г.Б. Нанохимия : учебное пособие / Г.Б. Сергеев. – М. : КДУ, 2007. – 333 с.
11	Суздальев И.П. Нанотехнология: физико-химия нанокластеров, наноструктур, наноматериалов / И.П. Суздальев. – М. Либроком, 2006. – 592 с.
12	Пул Ч. Нанотехнологии / Ч. Пул, Ф. Оуэнс. – М. : Техносфера, 2006. – 336 с.
13	Мелихов И.В. Физико-химическая эволюция твердого вещества / И.В. Мелихов. – М. : БИНОМ, 2006. – 309 с.
14	Крылов О.В. Гетерогенный катализ / О.В. Крылов. – М. : Академкнига, 2004. – 679 с.
15	Помогайло А.Д. Наночастицы металлов в полимерах / А.Д. Помогайло, А.С. Розенберг, И.Е. Уфлянд. – М. : Химия, 2000. – 672 с.
16	Химическое осаждение металлов в водных растворах / Под ред. В.В. Свиридова. – Минск : Университетское изд-во, 1987. – 270 с.
17	Полторак О.М. Лекции по теории гетерогенного катализа : учебное пособие / О.М. Полторак. – М. : Высш. шк., 1968. – 256 с.
18	Захарьевский М.С. Кинетика и катализ : учебное пособие / М.С. Захарьевский. – Л. : Изд. ЛГУ, 1963. – 314 с.
19	Антропов Л.И. Теоретическая электрохимия / Л.И.Антропов. – М. : Высш. шк. 1965. – 509 с.
20	Феттер К. Электрохимическая кинетика / К.Феттер. – М. : Химия. 1967. - 856 с.

21	Электрохимия / под ред. Г.Блума, Ф.Гутмана. - М. : Химия, 1982. - 368 с.
22	Электродные процессы в растворах органических соединений : учебн. пособие / Под ред. Б.Б. Дамаскина. – М. : Моск.гос. ун-та, 1985. -312 с.
23	Дамаскин Б.Б. Введение в электрохимическую кинетику / Б.Б. Дамаскин, О.А. Петрий. – М. : Высшая школа, 1875. – 239 с.
24	Багоцкий В.С. Основы электрохимии / В.С. Багоцкий. – М. : Химия, 1988. – 399 с.
25	Петрий О.А. Размерные эффекты в электрохимии / О.А. Петрий, Г.А. Цирлина // Успехи химии. – 2001. – Т. 70, № 4. – С. 330 – 344.

в) информационные электронно-образовательные ресурсы (официальные ресурсы интернет)*:

№ п/п	Ресурс
1	Научная электронная библиотека < http://www.elibrary.ru >
2	Зональная научная библиотека ВГУ < http://www.lib.vsu.ru >
3	Официальное электронное издание Химического факультета МГУ в Интернет < http://www.chemnet.ru >
4	Электронный курс "Физикохимия поверхностных явлений копия 1" https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=9603

16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы (учебно-методические рекомендации, пособия, задачки, методические указания по выполнению практических (контрольных), курсовых работ и др.)

№ п/п	Источник
1	Кравченко Т.А. Физикохимия поверхностных явлений: учеб. пособие / Т.А. Кравченко, А.С. Соляникова. – Воронеж : Издат. Дом. ВГУ, 2015. - 94 с.
2	Кравченко Т.А. Физикохимия наноразмерных систем: учеб. пособие / Т.А. Кравченко, М.Ю. Чайка, Е.В. Булавина, В.С. Горшков. – Воронеж : Издат. Дом. ВГУ, 2013. - 92 с.
3	Введенский А.В. Физикохимия процессов адсорбции : учеб.метод. пособие / А.В. Введенский, Н.Б. Морозова, Е.В. Бобринская. – Воронеж : Издат. Дом. ВГУ, 2019. - 135 с.

17. Образовательные технологии, используемые при реализации учебной дисциплины, включая дистанционные образовательные технологии (ДОТ, электронное обучение (ЭО), смешанное обучение):

При реализации дисциплины проводятся лекции и практические занятия, выдаются задания для самостоятельной работы с литературой. 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, экран, ученическая доска.

19. Оценочные средства для проведения текущего контроля успеваемости 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.	Поверхностные явления в химии: адсорбция и нанохимия.	ПК- 1 ПК- 2	ПК-1.1-1.6 ПК-2.1-2.6	Контрольная работа № 1: Комплект тестов № 1, Реферат № 1
2.	Поверхностные явления в	ПК-1	ПК-1.7-1.9 ПК-2.7-2.9	Контрольная работа № 2: Комплект тестов № 2, Реферат № 2

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Компетенция(и)	Индикатор(ы) достижения компетенции	Оценочные средства
	электрохимии: адсорбция и наноэлектрохимия	ПК- 2		
Промежуточная аттестация форма контроля – экзамен				Перечень вопросов Практическое задание

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

20.1. Текущий контроль успеваемости

Контроль успеваемости по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств: комплекты заданий для коллоквиумов № 1 и № 2

Комплект заданий для коллоквиума № 1

1. Поверхностные явления. Поверхностное натяжение и адсорбция. Адсорбент. Адсорбат. Типы адсорбционных взаимодействий. Дисперсионные силы. Электростатические силы. Энергия адсорбционных сил.
2. Изотермы адсорбции. Уравнение Генри. Уравнение Лэнгмюра. Полимолекулярная адсорбция. Уравнение БЭТ. Фундаментальные уравнения для поверхностного слоя Гиббса. Свободная энергия, энтропия и теплота адсорбции. Поверхностно активные и неактивные вещества.
3. Пористые адсорбенты. Капиллярная конденсация. Адсорбция из газов. Адсорбция жидких растворов на поверхности твердых тел. Уравнение изотермы адсорбции из растворов. Влияние химической природы поверхности, размеров пор и свойств раствора. Газовая хроматография.
4. Адсорбция и катализ. Ленгмюровская кинетика каталитических реакций. Кинетика сложных каталитических реакций по Темкину. Прекурсор в адсорбции и катализе.
5. Наноразмерные системы. Термодинамика и кинетика зарождения и роста наноразмерных частиц. Методы получения и стабилизации. Эволюция нанодисперсного состояния. Связь химического потенциала с размером наночастиц. Равновесный потенциал наночастиц. Уравнение Гиббса-Томсона.
6. Кинетика зарождения и роста новой фазы. Кинетика образования наночастиц в жидкофазных редокс-реакциях. Кинетика гетерогенных реакций образования наночастиц с участием твердых тел. Самоорганизация наноразмерных частиц. Фрактальные структуры.
7. Химическая нанотермодинамика и химическая нанокинетика Константа равновесия и размерный эффект. Разность потенциалов в реакции с участием наночастиц металлов. Кинетика химических реакций с участием наноразмерных частиц. Макроскопический подход. Статистический подход.
8. Нанокатализ. Специфика нанокаталитических процессов. Самосборка. Катализ полимер-иммобилизованными наночастицами

Комплект заданий для коллоквиума № 2

1. Скачки потенциалов в электрохимических системах. Связь электрических и адсорбционных явлений. Электрокапиллярные явления. Уравнение Липпмана. Емкость двойного электрического слоя. Методы исследования. Модельные представления. Теория двойного слоя Фрумкина-Дамаскина. Адсорбция воды.
2. Катализ и механизм электрохимических реакций. Особенности электрокаталитических реакций. Влияние различных факторов на каталитическую активность. Теория элементарного акта переноса заряда и проблема электрокатализа.
3. Катализ и механизм электрохимических реакций. Особенности электрокаталитических реакций. Влияние различных факторов на каталитическую активность.
4. Теория элементарного акта переноса заряда и проблема электрокатализа. Электрокаталитическое восстановление кислорода. Катализ на свободных от оксидов металлах. Катализ на анодных оксидных пленках. Избирательность при электрокаталитическом восстановлении органических соединений. Хемосорбция.
5. Наноэлектрохимия. Особенности кинетики наноэлектродных процессов. Электрохимически активные наноматериалы. Катодные процессы на наноэлектродах. Электровыделение водорода. Электровосстановление кислорода. Электровосстановление органических веществ.
6. Анодные процессы на наноэлектродах. Окисление неорганических веществ. Наноматериалы и топливные элементы. Коррозия наноматериалов.

7. Перенапряжение электрокристаллизации. Теория роста кристаллов. Замедленная поверхностная диффузия. Замедленный выход из мест роста. Ступени роста. Винтовые дислокации. Скорость образования зародышей. Импеданс кристаллизации. Роль заряда поверхности.
8. Пассивное состояние металлов. Пленочная и адсорбционная теории пассивности.

Описание технологии проведения. Коллквиумы проводится на практических занятиях.

Требования к выполнению заданий (или шкалы и критерии оценивания)

Критерии оценивания компетенций	Уровень сформированности компетенций	Шкала оценок
Знание учебного материала и владение понятийным аппаратом: студент должен демонстрировать знание основных принципов физикохимии поверхностных явлений и их применения в технологиях; актуальные направления в современной теоретической химии гетерогенных систем; Умение исследовать механизм явлений, термодинамические и кинетические закономерности на межфазных границах на основе теоретических знаний; Владение навыками практической работы в области физикохимии поверхностных явлений в соответствии с темой магистерской диссертации.	Повышенный уровень	Отлично
Основные знания учебного материала в области физикохимии поверхностных явлений имеются, в области некоторых разделов они недостаточно полные.	Базовый уровень	Хорошо
Основные знания учебного материала в области физикохимии поверхностных явлений имеются, в области некоторых разделов имеются существенные пробелы.	Пороговый уровень	Удовлетворительно
Обучающийся демонстрирует отрывочные, фрагментарные знания теоретических основ физической химии поверхностных явлений, допускает грубые ошибки при применении теоретических знаний для решения практических задач в области химии и электрохимии.	–	Неудовлетворительно

20.2. Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств: контрольно-измерительные материалы (КИМ) к экзамену

Контрольно-измерительные материалы (КИМ) к экзамену

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
физической химии
д.х.н., доц. _____ О.А. Козадеров
_____.2024 г.

Направление подготовки / специальность 04.04.01 Химия
Дисциплина Физикохимия поверхностных явлений
Форма обучения очная
Вид контроля ЭКЗАМЕН
Вид аттестации промежуточный

Контрольно-измерительный материал № 1

1. Поверхностные явления. Основные понятия. Роль в природе и промышленности.
2. Изотермы адсорбции Темкина и Фрумкина в электрохимии. Предложите способ оценки константы равновесия адсорбции.

Преподаватель _____ д.х.н., проф. Т.А. Кравченко

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
физической химии
д.х.н., доц. _____ О.А. Козадеров
__._.2024 г.

Направление подготовки / специальность 04.04.01 Химия
Дисциплина Физикохимия поверхностных явлений
Форма обучения очная
Вид контроля ЭКЗАМЕН
Вид аттестации промежуточный

Контрольно-измерительный материал № 2

1. Изотермы адсорбции. Уравнение Генри. Уравнение Лэнгмюра. Полимолекулярная адсорбция. Уравнение Брунауэра, Эммета, Тейлора. Какие варианты равновесий имеются на полной адсорбционной изотерме?
2. Строение двойного электрического слоя и ψ' -потенциал. Как определить пси-потенциал?

Преподаватель _____ д.х.н., проф. Т.А. Кравченко

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
физической химии
д.х.н., доц. _____ О.А. Козадеров
__._.2024 г.

Направление подготовки / специальность 04.04.01 Химия
Дисциплина Физикохимия поверхностных явлений
Форма обучения очный
Вид контроля ЭКЗАМЕН
Вид аттестации промежуточный

Контрольно-измерительный материал № 3

1. Термодинамическое равновесие поверхностного слоя с объемными фазами. Фундаментальные уравнения для поверхностного слоя Гиббса. Каков метод расчета адсорбционного равновесия?
2. Электрокатализ. Общая характеристика.

Преподаватель _____ д.х.н., проф. Т.А. Кравченко

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
физической химии

д.х.н., доц. _____ О.А. Козадеров
__._.2024 г.

Направление подготовки / специальность 04.04.01 Химия
Дисциплина Физикохимия поверхностных явлений
Форма обучения очная
Вид контроля ЭКЗАМЕН
Вид аттестации промежуточный

Контрольно-измерительный материал № 4

1. Термодинамика адсорбции пористыми адсорбентами.
2. Электрокапиллярные явления и потенциал нулевого заряда. Уравнения Фрумкина и Липпмана. Предложите варианты оценки равновесной адсорбции.

Преподаватель _____ д.х.н., проф. Т.А. Кравченко

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
физической химии

д.х.н., доц. _____ О.А. Козадеров
__._.2024 г.

Направление подготовки / специальность 04.04.01 Химия
Дисциплина Физикохимия поверхностных явлений
Форма обучения очная
Вид контроля ЭКЗАМЕН
Вид аттестации промежуточный

Контрольно-измерительный материал № 5

1. Кинетика адсорбции. Стационарные изотермы.
2. Полный и частичный заряд. Потенциал нулевого заряда. Оцените роль потенциала нулевого заряда в адсорбции.

Преподаватель _____ д.х.н., проф. Т.А. Кравченко

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
физической химии
д.х.н., доц. _____ О.А. Козадеров
__._.2024 г.

Направление подготовки / специальность 04.04.01 Химия
Дисциплина Физикохимия поверхностных явлений
Форма обучения очная
Вид контроля ЭКЗАМЕН
Вид аттестации промежуточный

Контрольно-измерительный материал № 6

1. Энергия адсорбционных сил. Водородная связь. Предложите варианты положительной и отрицательной роли водородной связи в химических превращениях.
2. Адсорбция по Ленгмюру в кинетике каталитических реакций. Как использовать на практике кинетические уравнения каталитических реакций?

Преподаватель _____ д.х.н., проф. Т.А. Кравченко

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
физической химии
д.х.н., доц. _____ О.А. Козадеров
__._.2024 г.

Направление подготовки / специальность 04.04.01 Химия
Дисциплина Физикохимия поверхностных явлений
Форма обучения очная
Вид контроля ЭКЗАМЕН
Вид аттестации промежуточный

Контрольно-измерительный материал № 7

1. Адсорбция из растворов. Уравнение изотермы адсорбции. Предложите способы регулирования адсорбции из растворов.
2. Адсорбция по Темкину в кинетике каталитических реакций. Как практически использовать уравнение Темкина?

Преподаватель _____ д.х.н., проф. Т.А. Кравченко

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
физической химии
д.х.н., доц. _____ О.А. Козадеров
__ . __ . 2024 г.

Направление подготовки / специальность 04.04.01 Химия
Дисциплина Физикохимия поверхностных явлений
Форма обучения очная
Вид контроля ЭКЗАМЕН
Вид аттестации промежуточный

Контрольно-измерительный материал № 8

1. Адсорбция Гиббса. Предложите способ расчета адсорбционных характеристик по Гиббсу.
2. Электрокатализ на анодных оксидных пленках.

Преподаватель _____ д.х.н., проф. Т.А. Кравченко

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
физической химии
д.х.н., доц. _____ О.А. Козадеров
__ . __ . 2024 г.

Направление подготовки / специальность 04.04.01 Химия
Дисциплина Физикохимия поверхностных явлений
Форма обучения очная
Вид контроля ЭКЗАМЕН
Вид аттестации промежуточный

Контрольно-измерительный материал № 9

1. Кинетика адсорбции. Обоснуйте выбор кинетического закона для описания адсорбции.
2. Электрокатализ. Электрокаталитическое восстановление кислорода на свободных от оксидов металлах.

Преподаватель _____ д.х.н., проф. Т.А. Кравченко

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
физической химии
д.х.н., доц. _____ О.А. Козадеров
__._.2024 г.

Направление подготовки / специальность 04.04.01 Химия
Дисциплина Физикохимия поверхностных явлений
Форма обучения очная
Вид контроля ЭКЗАМЕН
Вид аттестации промежуточный

Контрольно-измерительный материал № 10

1. Свободная энергия, энтропия и теплота адсорбции. Покажите практический способ нахождения теплоты адсорбции.
2. Двойной электрический слой и адсорбция воды.

Преподаватель _____ д.х.н., проф. Т.А. Кравченко

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
физической химии
д.х.н., доц. _____ О.А. Козадеров
__._.2024 г.

Направление подготовки / специальность 04.04.01 Химия
Дисциплина Физикохимия поверхностных явлений
Форма обучения очная
Вид контроля ЭКЗАМЕН
Вид аттестации промежуточный

Контрольно-измерительный материал № 11

1. Уравнение изотермы Фрейндлиха. Какие можно предложить способы практического использования изотермы Фрейндлиха.
2. Влияние адсорбции на перенапряжение переноса заряда.

Преподаватель _____ д.х.н., проф. Т.А. Кравченко

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
физической химии
д.х.н., доц. _____ О.А. Козадеров
___.___.2024 г.

Направление подготовки / специальность 04.04.01 Химия
Дисциплина Физикохимия поверхностных явлений
Форма обучения очная
Вид контроля ЭКЗАМЕН
Вид аттестации промежуточный

Контрольно-измерительный материал № 12

1. Капиллярная конденсация в пористом адсорбенте. Уравнение Гиббса-Томсона.
2. Влияние адсорбции на потенциал нулевого заряда. Адсорбционный потенциал. Как практически можно регулировать адсорбцию на основании потенциала нулевого заряда?

Преподаватель _____ д.х.н., проф. Т.А. Кравченко

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
физической химии
д.х.н., доц. _____ О.А. Козадеров
___.___.2024 г.

Направление подготовки / специальность 04.04.01 Химия
Дисциплина Физикохимия поверхностных явлений
Форма обучения очная
Вид контроля ЭКЗАМЕН
Вид аттестации промежуточный

Контрольно-измерительный материал № 13

1. Определение понятия наночастиц. Классификация частиц по размеру. Размерные эффекты при получении и использовании наночастиц. Роль в природе и промышленности.
2. Кинетика гетерогенных реакций образования наночастиц с участием твердых тел.

Преподаватель _____ д.х.н., проф. Т.А. Кравченко

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
физической химии

д.х.н., доц. _____ О.А. Козадеров
___.___.2024 г.

Направление подготовки / специальность 04.04.01 Химия
Дисциплина Физикохимия поверхностных явлений
Форма обучения очная
Вид контроля ЭКЗАМЕН
Вид аттестации промежуточный

Контрольно-измерительный материал № 14

1. Специфичность физических и химических свойств наночастиц. Структурные и электронные магические числа. Как сказываются эти числа на наночастицах разного размера.
2. Физико-химическая эволюция нанодисперсного вещества. Условия перехода вещества в нанодисперсное состояние. Этап пребывания вещества в наносостоянии.

Преподаватель _____ д.х.н., проф. Т.А. Кравченко

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
физической химии

д.х.н., доц. _____ О.А. Козадеров
___.___.2024 г.

Направление подготовки / специальность 04.04.01 Химия
Дисциплина Физикохимия поверхностных явлений
Форма обучения очная
Вид контроля ЭКЗАМЕН
Вид аттестации промежуточный

Контрольно-измерительный материал № 15

1. Методы получения наноразмерных частиц. Физические методы. Диспергирование. Каким методам отдать предпочтение на практике.
2. Кинетика образования наночастиц в жидкофазных редокс-реакциях.

Преподаватель _____ д.х.н., проф. Т.А. Кравченко

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
физической химии

д.х.н., доц. _____ О.А. Козадеров
__._.2024 г.

Направление подготовки / специальность 04.04.01 Химия
Дисциплина Физикохимия поверхностных явлений
Форма обучения очная
Вид контроля ЭКЗАМЕН
Вид аттестации промежуточный

Контрольно-измерительный материал № 16

1. Химические методы получения наноразмерных частиц. Химическое восстановление. Фотохимическое восстановление. Радиационно-химическое восстановление. Обоснуйте предпочтения методов на практике.
2. Термодинамика химических реакций с участием наноразмерных частиц. Равновесный потенциал наночастиц. Уравнение Гиббса-Томсона. Константа равновесия и размерный эффект.

Преподаватель _____ д.х.н., проф. Т.А. Кравченко

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
физической химии

д.х.н., доц. _____ О.А. Козадеров
__._.2024 г.

Направление подготовки / специальность 04.04.01 Химия
Дисциплина Физикохимия поверхностных явлений
Форма обучения очная
Вид контроля ЭКЗАМЕН
Вид аттестации промежуточный

Контрольно-измерительный материал № 17

1. Методы получения наноразмерных частиц. Криохимический синтез. Реакции термического распада. Электрохимические методы. Электровосстановление. Предложите варианты промышленного получения наночастиц.
2. Кинетика химических реакций с участием наноразмерных частиц. Кинетические особенности химических процессов на поверхности наночастиц. Кинетика кластерных химических реакций.

Преподаватель _____ д.х.н., проф. Т.А. Кравченко

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
физической химии

д.х.н., доц. _____ О.А. Козадеров
__._.2024 г.

Направление подготовки / специальность 04.04.01 Химия
Дисциплина Физикохимия поверхностных явлений
Форма обучения очная
Вид контроля ЭКЗАМЕН
Вид аттестации промежуточный

Контрольно-измерительный материал № 18

1. Стабилизация наночастиц. Нанокompозиты. Макромолекулы как стабилизаторы наноразмерных частиц. Предложите наиболее целесообразные варианты практической стабилизации.
2. Макрокинетика химических реакций в полимер-иммобилизованных наночастицами материалах

Преподаватель _____ д.х.н., проф. Т.А. Кравченко

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
физической химии

д.х.н., доц. _____ О.А. Козадеров
__._.2024 г.

Направление подготовки / специальность 04.04.01 Химия
Дисциплина Физикохимия поверхностных явлений
Форма обучения очная
Вид контроля ЭКЗАМЕН
Вид аттестации промежуточный

Контрольно-измерительный материал № 19

1. Стабилизация наночастиц мицеллами и полимерами. Назовите положительные и отрицательные стороны в практическом плане.
2. Кинетика процессов с участием нанокompозитов металл-ионообменник. Размерные эффекты в кинетике химических реакций на нанокompозитах металл-ионообменник.

Преподаватель _____ д.х.н., проф. Т.А. Кравченко

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
физической химии
д.х.н., доц. _____ О.А. Козадеров
___.___.2024 г.

Направление подготовки / специальность 04.04.01 Химия
Дисциплина Физикохимия поверхностных явлений
Форма обучения очная
Вид контроля ЭКЗАМЕН
Вид аттестации промежуточный

Контрольно-измерительный материал № 20

1. Стабилизация полиэлектролитами. Иммобилизация наночастиц. Наноконпозиты металл-ионообменник. Назовите предпочтительные пути иммобилизации для практических целей.
2. Кинетика фазообразования при наличии химической реакции. Кинетика газофазных реакций образования наночастиц..

Преподаватель _____ д.х.н., проф. Т.А. Кравченко

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
физической химии
д.х.н., доц. _____ О.А. Козадеров
___.___.2024 г.

Направление подготовки / специальность 04.04.01 Химия
Дисциплина Физикохимия поверхностных явлений
Форма обучения очная
Вид контроля ЭКЗАМЕН
Вид аттестации промежуточный

Контрольно-измерительный материал № 21

1. Термодинамика зарождения и роста наноразмерных частиц. Термодинамика дисперсных систем. Связь свободной энергии с размерами частиц. Химический потенциал наночастиц.
2. Нанокатализ. Первичный и вторичный размерные эффекты. На какой эффект нужно ориентировать процесс практического получения наночастиц.

Преподаватель _____ д.х.н., проф. Т.А. Кравченко

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
физической химии

д.х.н., доц. _____ О.А. Козадеров
__._.2024 г.

Направление подготовки / специальность 04.04.01 Химия
Дисциплина Физикохимия поверхностных явлений
Форма обучения очная
Вид контроля ЭКЗАМЕН
Вид аттестации промежуточный

Контрольно-измерительный материал № 22

1. Работа образования новой фазы. Рост новой фазы. Термодинамика химического осаждения наночастиц.
2. Катализ полимер-иммобилизованными наночастицами. Как предсказать каталитические свойства этих частиц.

Преподаватель _____ д.х.н., проф. Т.А. Кравченко

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
физической химии

д.х.н., доц. _____ О.А. Козадеров
__._.2024 г.

Направление подготовки / специальность 04.04.01 Химия
Дисциплина Физикохимия поверхностных явлений
Форма обучения очная
Вид контроля зачет
Вид аттестации промежуточный

Контрольно-измерительный материал № 23

1. Размерный эффект в электрохимии. Стадии диффузии и переноса заряда.
2. Роль коллектива наночастиц в кинетике химических и каталитических реакций. Как на практике использовать коллективное действие наночастиц.

Преподаватель _____ д.х.н., проф. Т.А. Кравченко

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
физической химии

д.х.н., доц. _____ О.А. Козадеров
__._.2024 г.

Направление подготовки / специальность 04.04.01 Химия
Дисциплина Физикохимия наноразмерных систем
Форма обучения очная
Вид контроля зачет
Вид аттестации промежуточный

Контрольно-измерительный материал № 24

1. Кинетика зарождения и роста наноразмерных частиц. Кинетика зарождения и роста новой фазы. Скорость зародышеобразования.
2. Электрокатализ. Предложите подходы для выбора катализатора электрохимической реакций.

Преподаватель _____ д.х.н., проф. Т.А. Кравченко

Описание технологии проведения: обучающийся получает КИМ, выбранный случайным образом. Самостоятельно готовит письменный ответ без использования каких-либо материалов в течение 30-40 минут, затем проходит собеседование с преподавателем по вопросам КИМ и связанным с ними вопросами из рабочей программы дисциплины.

Требования к выполнению заданий (или шкалы и критерии оценивания)

Критерии оценивания компетенций	Уровень сформированности компетенций	Шкала оценок
Знание учебного материала и владение понятийным аппаратом: студент должен демонстрировать знание основных принципов физикохимии поверхностных явлений и их применения в технологиях; актуальные направления в современной теоретической химии гетерогенных систем; Умение исследовать механизм явлений, термодинамические и кинетические закономерности на межфазных границах на основе теоретических знаний; Владение навыками практической работы в области физикохимии поверхностных явлений в соответствии с темой магистерской диссертации.	Повышенный уровень	Отлично
Основные знания учебного материала в области физикохимии поверхностных явлений имеются, в области некоторых разделов они недостаточно полные.	Базовый уровень	Хорошо
Основные знания учебного материала в области физикохимии поверхностных явлений имеются, в области некоторых разделов имеются существенные пробелы.	Пороговый уровень	Удовлетворительно
Обучающийся демонстрирует отрывочные, фрагментарные знания теоретических основ физической химии поверхностных явлений, допускает грубые ошибки при применении теоретических знаний для решения практических задач в области химии и электрохимии.	–	Неудовлетворительно

Задания для проведения диагностических работ с целью оценки остаточных знаний по результатам освоения дисциплины

по компетенции ПК-2:

Задания закрытого типа:

1. Поверхностные явления обусловлены:

- а) нескомпенсированностью атомов;
- б) концентрированием вещества;
- в) избытком энергии.

2. Поверхностное натяжение – это:

- а) работа обратимого процесса;
- б) сила, сокращающая энергию до минимума;
- в) удельная свободная поверхностная энергия.

3. Равновесная константа адсорбции:

- а) не зависит от концентрации адсорбата;
- б) линейно зависит от концентрации адсорбата;
- в) постоянна при любых условиях.

4. Изотерма Ленгмюра имеет вид:

- а) линейный;
- б) параболический;
- в) сложный.

5. Чистая теплота адсорбции - это:

- а) теплота адсорбции при абсолютном нуле;
- б) разность между теплотой адсорбции и теплотой конденсации;
- в) теплота адсорбции при нормальных условиях.

6. Общим условием равновесия замкнутой системы при постоянных S, V, n является:

- а) постоянство давления в системе;
- б) заполнение всех адсорбционных мест поверхностного слоя;
- в) минимум внутренней энергии.

7. Адсорбционное уравнение Гиббса имеет вид:

а) $-d\sigma = \sum_i \Gamma_i d\mu_i$;

б) $d\sigma = \sum_i \Gamma_i dn_i$;

в) $\frac{\partial \Gamma_i}{\partial \sigma} = 0$.

8. В уравнении Леннарда – Джонса φ - это:

- а) потенциал взаимодействия молекулы с одним атомом неполярной решетки;
- б) потенциал неполярной решетки;
- в) потенциал взаимодействия полярной молекулы с положительным атомом полярной решетки.

9. Константа термодинамического равновесия для обменного процесса адсорбции:

- а) не зависит от температуры;
- б) не зависит от поверхностного натяжения раствора;
- в) не зависит от количества адсорбируемого вещества.

10. Адсорбция и катализ связаны:

- а) величиной общего числа адсорбционных центров на поверхности;
- б) долей центров, заполненных адсорбированными веществами;
- в) долей свободных центров.

11. Механизм каталитической реакции называют адсорбционным;

- а) на неоднородных поверхностях;

Задания открытого типа:

1. Гетерогенно-каталитическая реакция протекает за счет превращения адсорбированной молекулы на активном центре или за счет взаимодействия с другой молекулой на соседнем центре. Формальным аналогом закона действующих масс в кинетике гетерогенно-каталитических реакций или, в общем случае, в кинетике процессов на твердых поверхностях является закон действующих _____ (добавьте недостающее слово)

2. Укажите параметр равновесной системы на значение которого оказывает влияние изменение потенциала Гиббса в случае дисперсного реагента в сравнении с массивной фазы. (ответ запишите с помощью двух слов)

3. Каковы особенности электрокаталитических реакций?

В ответе отразите особенности электродных и каталитических процессов, протекающих на электродах.

Критерий оценивания

Указаны верно 3-4 признака п. 1) -4). - 10 баллов

Указаны верно любые 2 признака — 5 баллов

Указано верно не более одного признака, нет ответа — 0 баллов

4. Дайте определение понятий наноразмерной системы. В ответ отразите:

1. структуру системы
2. размерные характеристики
3. особенности физико-химических свойств

Критерий оценивания

В ответе указаны: все критерии из п. 1) и п. 2). - 10 баллов

В ответе указаны: не менее одного критерия из 1) и один любой из п. 2) — 5 баллов

В ответе указано 1 критерий из любого пункта ответа и менее критериев, указаны критерии только из одного пункта, нет ответа — 0 баллов

5. Назовите особенности кинетики кластерных реакций?

В ответе укажите:

- 1) причину разной реакционной способности частиц на поверхности
- 2) особенности стохастического подхода к описанию кинетики

Критерий оценивания

Даны полные ответы на п. 1) и п. 2). - 10 баллов

Даны неполные ответы на п. 1 и п. 2 — 5 баллов

Дан неполный ответ на один критериев, нет ответа — 0 баллов

по компетенции ПК-3:

Задания закрытого типа:

- Скорость электрохимической реакции не зависит от природы электрода при:
 - отсутствии адсорбционных взаимодействий на границе электрод/раствор;
 - низких токах обмена;
 - скорость реакции всегда зависит от природы электрода.
- В случае электрокаталитических процессов:
 - скорость реакции не зависит от потенциала электрода;
 - скорость реакции не зависит от силы прилагаемого тока;
 - скорость реакции зависит от потенциала электрода.
- Работа выхода электрона представляет собой:
 - энергию отрыва электрона от атома;
 - энергию отрыва электрона от проводника;
 - энергию отрыва электрона от атома к атому.
- Реакция называется электрохимической в случае:
 - протекания на электроде с непосредственной передачей электрона от одной адсорбированной молекулы к другой адсорбированной молекуле;
 - передачи электрона от электрода к адсорбированной молекуле реагента;
 - передачи электрона от одной молекулы к другой через внешний проводник (электрод).
- Состояние и свойства границы раздела фаз металл-раствор обуславливают:
 - пространственное разделение зарядов;
 - адсорбция;
 - адсорбция и пространственное разделение зарядов.
- Частным случаем основного уравнения электрокапиллярности Фрумкина при постоянном составе раствора является:
 - уравнение электрокапиллярности Липпмана;
 - уравнение Гиббса для поверхностного натяжения;
 - уравнение Ленгмюра для степени заполнения поверхности.
- Положение максимума электрокапиллярной кривой определяет:
 - равновесный потенциал;
 - потенциал нулевого заряда;
 - потенциал адсорбции.
- Физически зависимость скорости разряда – ионизации от ψ' - потенциала обусловлена:
 - влиянием ψ' - потенциала на концентрацию реагирующих частиц в ДЭС;
 - влиянием ψ' - потенциала на энергию активации процесса;
 - обоими вышеперечисленными факторами.
- Электрокаталитическая реакция обусловлена:
 - концентрацией веществ;
 - степенью заполнения;
 - обоими вышеперечисленными факторами.
- Скорость электрокаталитической реакции:
 - возрастает с ростом потенциала;
 - убывает с ростом потенциала;
 - проходит через максимум.
- Ток обмена водородной реакции на металлах:
 - $Pb > Pt$;
 - $Pt > Pb$;
 - $Pb \approx Pt$.
- Скорость электровосстановления кислорода на $Au < Pd < Pt$ зависит от:
 - энергии активации;

Задания открытого типа:

1. Укажите понятие, отвечающее определению (одно слово):

"Агрегат плотноупакованных атомов с произвольной внешней формой, структурной организацией и нанометровым размером, меньшим характеристической длины исследуемого явления."

2. Назовите раздел науки на стыке электрохимии и катализа, связывающий физические и химические свойства электродов со скоростью и селективностью протекающих на поверхности электрохимических реакций (без стехиометрического участия материала электрода).

3. Укажите понятие, отвечающее определению (одно слово):

"Концентрирование вещества на поверхности раздела фаз адсорбент - адсорбат"

4. Дайте определение понятия поверхностных явлений.

В ответе укажите:

- 1) чем обусловлены поверхностные явления,
- 2) какие физико-химические параметры отличают поверхностное состояние от объемного.

Критерий оценивания

В ответе указаны: все критерии из п. 1) и п. 2). - 10 баллов

В ответе указаны: не менее одного критерия из 1) и один любой из п. 2) — 5 баллов

В ответе указано 1 критерий из любого пункта ответа и менее критериев, указаны критерии только из одного пункта, нет ответа — 0 баллов

5. Чем адсорбция из растворов отличается от адсорбции индивидуальных веществ? Укажите не менее трех отличий.

Критерий оценивания

Указаны верно два признака п. 1) -4). - 10 баллов

Указан верно один из признаков — 5 баллов

Не указано верно ни одного признака, нет ответа — 0 баллов