

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

УТВЕРЖДАЮ  
Заведующий кафедрой  
физической химии  
Козадеров О.А.  
01.07.2021 г.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

**Б1.В.06 Физикохимия поверхностных явлений**

1. Код и наименование направления подготовки/специальности: 04.04.01 Химия
2. Профиль подготовки/специализация: Физическая химия
3. Квалификация выпускника: магистр
4. Форма обучения: очная
5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины: физической химии
6. Составители программы: Кравченко Тамара Александровна, д.х.н., проф.
7. Рекомендована: НМС химического факультета от 17.06.21, протокол № 5
8. Учебный год: 2021/2022 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/модулю (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
ПКВ-1	Способен проводить сбор, систематизацию и критический анализ научной, технической и патентной информации, необходимой для решения исследовательских задач химической направленности	ПКВ-1.1  ПКВ-1.2	Обеспечивает сбор научной, технической и патентной информации, необходимой для решения исследовательских задач  Составляет аналитический обзор собранной научной, технической и патентной информации по тематике исследовательского проекта	Знать: понятия поверхности раздела фаз, поверхностной энергии, поверхностного натяжения, наноразмерные системы  Уметь: анализировать термодинамические и кинетические закономерности поверхностных явлений  Владеть: навыками применения в практической деятельности положений физикохимии поверхностных явлений.
ПКВ-2	Способен планировать работу и выбирать адекватные методы решения научно-	ПКВ-2.1  ПКВ-2.2	Составляет общий план исследования и детальные планы отдельных стадий  Выбирает экспериментальные и расчетно-	Знать: данные литературы  Уметь: обосновать научную новизну анализируемой работы  Владеть: навыками стратегической оценки перспектив развития науки о поверхности

	исследовательских задач в области физической и неорганической химии		теоретические методы решения поставленной задачи, исходя из имеющихся материальных и временных ресурсов	

**12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час.** — 5 / 180.

**Форма промежуточной аттестации** экзамен

### 13. Трудоемкость по видам учебной работы

Вид учебной работы		Трудоемкость			
		Всего	По семестрам		
			№ 1 семестра	№ семестра	...
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 *
<b>1. Лекции</b>			
1.1	Поверхностные явления в химии: адсорбция и нанохимия.	Поверхностные явления. Определение основных понятий. Классификация. Специфичность химических и физических свойств. Их роль в природе и промышленности. Общая характеристика проблем физикохимии поверхностных явлений. Физическая химия поверхностных явлений как наука и предмет изучения. Рекомендуемая литература.	Электронный курс "Физикохимия поверхностных явлений копия 1" <a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=960">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=960</a>
		Адсорбция. 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.	3

		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. .	
		Адсорбция и гетерогенный катализ. Ленгмюровская кинетика каталитических реакций. Кинетика сложных каталитических реакций по Темкину. Прекурсор в адсорбции и катализе.	Электронный курс "Физикохимия поверхностных явлений копия 1" <a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=9603">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=9603</a>
		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.	
		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.	
		Нанокатализ. Специфика нанокаталитических процессов. Самосборка. Площадь поверхности наночастиц. Природа нанокатализа. Катализ полимер-иммобилизованными наночастицами.	
1.2	Поверхностные явления в электрохимии: адсорбция и наноэлектрохимия	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 $\psi'$ -потенциала.	
		Наноэлектрохимия. Особенности кинетики наноэлектродных процессов. Электрохимически активные наноматериалы. Катодные процессы на наноэлектродах. Анодные процессы на наноэлектродах. Наноматериалы и топливные элементы. Коррозия наноматериалов	
		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.	
<b>2. Практические занятия</b>			
2.1	Поверхностные явления. Роль в природе и промышленности	Поверхностные явления. Определение основных понятий. Классификация. Специфичность химических и физических свойств. Их роль в природе и промышленности. Общая характеристика проблем физикохимии поверхностных явлений. Физическая химия поверхностных явлений как наука и предмет изучения. Рекомендуемая литература.	Электронный курс "Физикохимия поверхностных явлений" копия 1" <a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=960">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=960</a>
2.2	Адсорбция. Термодинамика и кинетика адсорбции	Изотермы адсорбции. Уравнение Генри. Уравнение Ленгмюра. Полимолекулярная адсорбция. Уравнение БЭТ. Экспериментальные методы определения адсорбции. Свободная энергия, энтропия и теплота адсорбции. Пористые адсорбенты. Капиллярная конденсация. Уравнение изотермы адсорбции из растворов. Кинетическое уравнение адсорбции. Равномерное распределение активных центров. Логарифмическая изотерма Темкина. Кинетическое уравнение Рогинского-Зельдовича (Еловича). Экспоненциальное распределение активных центров. Кинетическое уравнение Бенхема-Барта.	3 -
2.3	Гетерогенный катализ	Адсорбция и катализ. Ленгмюровская кинетика каталитических реакций. Кинетика сложных каталитических реакций по Темкину. Прекурсор в адсорбции и катализе.	
2.4	Наноразмерные системы. Термодинамика и кинетика зарождения и роста наноразмерных частиц	Наноразмерные частицы. Нанохимия. Методы получения и стабилизации наноразмерных частиц. Эволюция нанодисперсного состояния. Связь химического потенциала с размером наночастиц. Равновесный потенциал наночастиц. Уравнение Гиббса-Томсона. Кинетика зарождения и роста новой фазы. Самоорганизация наноразмерных частиц. Фрактальные структуры.	
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. Статистический и макроскопический подходы.	
2.6	Нанокатализ	Нанокатализ. Специфика нанокаталитических процессов. Самосборка. Площадь поверхности наночастиц. Природа нанокатализа. Катализ полимер-иммобилизованными наночастицами.	
2.7	Двойной электрический слой и адсорбция	Природа электродного потенциала. Скачки потенциалов в электрохимических системах. Связь электрических и адсорбционных явлений. Электрокапиллярные явления. Уравнение Липпмана. Изотермы адсорбции Темкина и Фрумкина в электрохимии. Емкость двойного электрического слоя. Методы исследования. Модельные представления. Теория двойного слоя Фрумкина-Дамаскина. Адсорбция воды. Перенапряжение переноса заряда с учетом психипотенциала.	
2.8	Наноэлектрохимия	Особенности кинетики наноэлектродных процессов. Электрохимически активные наноматериалы. Катодные процессы на наноэлектродах. Анодные процессы на	

		нанозлектродах. Наноматериалы и топливные элементы. Коррозия наноматериалов.	
2.9	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. Катализ на анодных оксидных пленках. 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 копия 1" <a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=9603">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=9603</a>

### 13.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Виды занятий (часов)				
		Лекции	Практические	Самостоятельная работа	Контроль	Всего
1.1	Поверхностные явления в химии: адсорбция и нанохимия.	12	24	60	20	116
1.2	Поверхностные явления в электрохимии: адсорбция и нанозлектрохимия	6	12	30	16	64
Итого:		18	36	90	36	180

### 14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Контрольные работы состоят из ответов на вопросы и написания реферата. По каждой теме представлены вопросы для подготовки к контрольной работе и темы рефератов. Обучающиеся допускаются к экзамену по совокупности выполненных работ (посещение занятий, работа на практических занятиях, выполнение контрольных работ).

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
01	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.
02	Сибаров Д.А. Катализ, каталитические процессы и реакторы / Д.А. Сибаров, Д.А. Смирнова. – СПб. - М. : Лань, 2016. – 200с.
03	Дамаскин Б.Б. Электрохимия : учеб. пособие, 3-е издание / Б.Б. Дамаскин, О.А. Петрий, Г.А. Цирлина. – СПб. - М. : Лань, 2015. – 672с.
04	Русанов А.И. Лекции по термодинамике поверхностей: учеб. пособие / А.И. Русанов. — СПб. - М. - Краснодар: Лань, 2013. — 237с.
05	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
06	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.
07	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.
08	Ролдугин В.И. Физикохимия поверхности / В.И. Ролдугин. – М. : ЦУП Интеллект, 2008. – 568 с.
09	Байрамов В.М. Основы электрохимии : учеб. пособие / В.М. Байрамов ; под. ред. В.В. Лунина. – М. : Academic, 2005. – 236 с.
10	Крылов О.В. Гетерогенный катализ / О.В. Крылов. – М. : Академкнига, 2004. – 679 с.
11	Нанокompозиты металл-ионообменник / Т.А. Кравченко [и др.]. – М. : Наука. 2009. – 391 с.
12	Электрохимия нанокompозитов металл-ионообменник / Т.А. Кравченко [и др.]. – М. : Наука. 2013. – 365 с.
13	Чоркендорф И. Современный катализ и химическая кинетика / И.Чоркендорф, Х. Наймантсведрайт. – Долгопрудный : Интеллект, 2010. – 504 с.
14	Курс физической химии / Я.И.Герасимов [и др.]. – М. : ГНТИХим.лит. 1963. Т. 1. – 624 с.
15	Сергеев Г.Б. Нанохимия : учебное пособие / Г.Б. Сергеев. – М. : КДУ, 2007. – 333 с.
16	Суздаев И.П. Нанотехнология: физико-химия нанокластеров, наноструктур, наноматериалов / И.П. Суздаев. – М. Либроком, 2006. – 592 с.
17	Пул Ч. Нанотехнологии / Ч. Пул, Ф. Оуэнс. – М. : Техносфера, 2006. – 336 с.
18	Мелихов И.В. Физико-химическая эволюция твердого вещества / И.В. Мелихов. – М. : БИНОМ, 2006. – 309 с.
19	Крылов О.В. Гетерогенный катализ / О.В. Крылов. – М. : Академкнига, 2004. – 679 с.
20	Помогайло А.Д. Наночастицы металлов в полимерах / А.Д. Помогайло, А.С. Розенберг, И.Е. Уфлянд. – М. : Химия, 2000. – 672 с.
21	Химическое осаждение металлов в водных растворах / Под ред. В.В. Свиридова. – Минск : Университетское изд-во, 1987. – 270 с.
22	Полторак О.М. Лекции по теории гетерогенного катализа : учебное пособие / О.М. Полторак. – М. : Высш. шк., 1968. – 256 с.
23	Захарьевский М.С. Кинетика и катализ : учебное пособие / М.С. Захарьевский. – Л. : Изд. ЛГУ, 1963. – 314 с.
24	Антропов Л.И. Теоретическая электрохимия / Л.И.Антропов. – М. : Высш. шк. 1965. – 509 с.
25	Феттер К. Электрохимическая кинетика / К.Феттер. – М. : Химия. 1967. - 856 с.
26	Электрохимия / под ред. Г.Блума, Ф.Гутмана. - М. : Химия, 1982. - 368 с.
27	Электродные процессы в растворах органических соединений : учебн. пособие / Под ред. Б.Б. Дамаскина. – М. : Моск.гос. ун-та, 1985. -312 с.
28	Дамаскин Б.Б. Введение в электрохимическую кинетику / Б.Б. Дамаскин, О.А. Петрий. – М. : Высшая школа, 1875. – 239 с.
29	Багоцкий В.С. Основы электрохимии / В.С. Багоцкий. – М. : Химия, 1988. – 399 с.
30	Петрий О.А. Размерные эффекты в электрохимии / О.А. Петрий, Г.А. Цирлина // Успехи химии. – 2001. – Т. 70, № 4. – С. 330 – 344.

в) базы данных, информационно-справочные и поисковые системы:

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

## 16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы

№ п/п	Источник
01	Кравченко Т.А. Физикохимия поверхностных явлений: учеб. пособие / Т.А. Кравченко, А.С. Соляникова. – Воронеж : Издат. Дом. ВГУ, 2015. - 94 с.
02	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.
03	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 семинарские занятия, выдаются задания для самостоятельной работы с литературой.

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:

Учебники, монографии, мультимедийная техника, ученическая доска.

### 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.	Поверхностные явления в химии: адсорбция и нанохимия.	ПКВ- 1 ПКВ- 2	ПКВ-1.1, ПКВ-1.2 ПКВ-2.1, ПКВ-2.2	Комплект тестов № 1, Реферат № 1, Контрольная работа № 1
2.	Поверхностные явления в электрохимии: адсорбция и наноэлектрохимия	ПКВ-1 ПКВ- 2	ПКВ-1.1-1.2 ПКВ – 2.1-2.2	Комплект тестов № 2, Реферат № 2, Контрольная работа № 2
Промежуточная аттестация форма контроля - экзамен				Комплект КИМ

### 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:)

#### Комплект заданий для контрольной работы № 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 Ленгмюра. 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 контрольной работы № 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. Потенциальные диаграммы Гориучи-Поляни. Перенапряжение переноса заряда с учетом пси-потенциала. 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. 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.
4. Нанозлектрохимия. Особенности кинетики нанозлектродных процессов. Электрохимически активные наноматериалы. Катодные процессы на нанозлектродах. Электровыделение водорода. Электровосстановление кислорода. Электровосстановление органических веществ. Анодные процессы на нанозлектродах. Окисление неорганических веществ. Наноматериалы и топливные элементы. Коррозия наноматериалов.
5. 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.
6. Пассивное состояние металлов. Пленочная и адсорбционная теории пассивности.

### Темы рефератов

1. Термодинамика зарождения и роста наноразмерных частиц.
2. Кинетика зарождения и роста наноразмерных частиц.
3. Методы получения и стабилизации наноразмерных частиц.
4. Эволюция нанодисперсного состояния.
5. Химический потенциал наночастиц.
6. Равновесный потенциал наночастиц. Уравнение Гиббса-Томсона.
7. Скорость зародышеобразования.
8. Кинетика газофазных реакций образования наночастиц.
9. Кинетика образования наночастиц в жидкофазных редокс-реакциях.
10. Кинетика гетерогенных реакций образования наночастиц с участием твердых тел.
11. Самоорганизация наноразмерных частиц. Фрактальные структуры.
12. Химическая нанотермодинамика. Константа равновесия и размерный эффект.
13. Кинетика химических реакций с участием наноразмерных частиц. Макроскопический подход.
14. Кинетика кластерных химических реакций. Статистический подход.
15. Нанокатализ. Специфика нанокаталитических процессов. Самосборка. Площадь поверхности наночастиц. Природа нанокатализа.
16. Катализ полимер-иммобилизованными наночастицами.
17. Электрохимически активные наноматериалы.

18. Особенности кинетики наноэлектродных процессов.
19. Электроосаждение дисперсных частиц.
20. Катодные процессы на наноэлектродах. Выделение водорода. Электровосстановление кислорода. Электровосстановление органических веществ.
21. Анодные процессы на наноэлектродах. Окисление неорганических веществ.
22. Наноматериалы и топливные элементы. Коррозия наноматериалов
23. Катализ и механизм электрохимических реакций. Особенности электрокаталитических реакций. Влияние различных факторов на каталитическую активность.
24. Теория элементарного акта переноса заряда и проблема электрокатализа.
25. Электрокаталитическое восстановление кислорода.
26. Катализ на свободных от оксидов металлах. Катализ на анодных оксидных пленках.
27. Избирательность при электрокаталитическом восстановлении органических соединений. Хемосорбция.

**Описание технологии проведения.** Выполнение контрольных работ проводится на практических занятиях, написание рефератов выполняется как домашняя работа.

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

Промежуточная аттестация проводится в соответствии с Положением о промежуточной аттестации обучающихся по программам высшего образования.

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

## 20.2 Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств:

### Контрольно-измерительные материалы (КИМ) к экзамену

УТВЕРЖДАЮ  
Заведующий кафедрой  
физической химии

д.х.н., доц. \_\_\_\_\_ О.А. Козадеров  
\_\_.\_.2021 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  
\_\_.\_.2021 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  $\psi'$ -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  
\_\_.\_.2021 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  
\_\_.\_.2021 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  
\_\_\_\_\_.2021 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  
\_\_\_\_\_.2021 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  
\_\_.\_\_.2021 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  
\_\_.\_\_.2021 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  
\_\_\_\_\_.2021 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  
\_\_\_\_\_.2021 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  
\_\_.\_.2021 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  
\_\_.\_.2021 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  
\_\_\_\_\_.2021 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  
\_\_\_\_\_.2021 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  
\_\_.\_.2021 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  
\_\_.\_.2021 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  
\_\_\_\_\_.2021 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  
\_\_\_\_\_.2021 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. Наноконпозиты. 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  
\_\_.\_.2021 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  
\_\_.\_.2021 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. Имобилизация наночастиц. Нанокompозиты металл-ионообменник. Назовите предпочтительные пути имобилизации 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  
\_\_.\_.2021 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  
\_\_.\_.2021 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  
\_\_\_.\_\_\_.2021 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  
\_\_\_.\_\_\_.2021 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**



Контрольно-измерительные материалы промежуточной аттестации включают теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень полученных знаний и практическое задание, позволяющее оценить степень сформированности умений и навыков аналитической деятельности. При оценивании используются количественная шкала оценок. Критерии оценивания приведены ниже.

### **Требования к выполнению заданий, шкалы и критерии оценивания**

Для оценивания результатов обучения на экзамене используются следующие показатели:

- 1) 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;
- 2) Умение исследовать механизм явлений, термодинамические и кинетические закономерности на межфазных границах на основе теоретических знаний;
- 3) Владение навыками практической работы в области физикохимии поверхностных явлений в соответствии с темой магистерской диссертации.

Критерии оценивания компетенций	Уровень сформированности компетенций	Шкала оценок
Обучающийся в полной мере владеет понятийным аппаратом данной области науки (теоретическими основами дисциплины), способен иллюстрировать ответ примерами, фактами, данными научных исследований, применять теоретические знания для решения практических задач в области...	Повышенный уровень	Отлично
Обучающийся владеет понятийным аппаратом данной области науки (теоретическими основами дисциплины), допускает ошибки при написании формул.	Базовый уровень	Хорошо
Обучающийся владеет частично теоретическими основами дисциплины, фрагментарно способен изложить вопрос, не умеет применять математический аппарат.	Пороговый уровень	Удовлетворительно
Обучающийся демонстрирует отрывочные, фрагментарные знания, допускает грубые ошибки в написании формул.	–	Неудовлетворительно