

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Ястребов Олег Александрович  
Должность: Ректор  
Дата подписания: 01.06.2023 11:54:28  
Уникальный программный ключ:  
ca953a0120d891083f939673078ef1a989dae18a

**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования «Российский университет дружбы народов имени Патриса  
Лумумбы»**

**Факультет физико-математических и естественных наук**  
(наименование основного учебного подразделения (ОУП)-разработчика ОП ВО)

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Физико-химия поверхности и хемосорбция**

(наименование дисциплины/модуля)

**Рекомендована МССН для направления подготовки/специальности:**

**04.04.01 «Химия»**

(код и наименование направления подготовки/специальности)

**Освоение дисциплины ведется в рамках реализации основной  
профессиональной образовательной программы высшего образования (ОП ВО):**

**«Фундаментальная и прикладная химия»**

(наименование (профиль/специализация) ОП ВО)

## 1. ЦЕЛЬ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины является формирование у студентов второй ступени углубленных знаний о специфических свойствах поверхности и явлениях на межфазной границе (наука surface science), имеющих большое значение для нанобъектов, ознакомление с теоретическим описанием хемосорбции и современными экспериментальными методами зондирования поверхности и контактирующих с ней молекул.

## 2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Освоение дисциплины «Физико-химия поверхности и хемосорбция» направлено на формирование у обучающихся следующих компетенций (части компетенций):

*Таблица 2.1. Перечень компетенций, формируемых у обучающихся при освоении дисциплины (результаты освоения дисциплины)*

Шифр	Компетенция	Индикаторы достижения компетенции (в рамках данной дисциплины)
М-ПК-1-н	Способность планировать работу и выбирать адекватные методы решения научно-исследовательских задач в выбранной области химии, химической технологии или смежных с химией науках	М-ПК-1-н-1. Составляет общий план исследования и детальные планы отдельных стадий.
М-ПК-2-н	Способность проводить патентно-информационные исследования в выбранной области химии и/или смежных наук	М-ПК-2-н-1. Проводит поиск специализированной информации в патентно-информационных базах данных. М-ПК-2-н-2. Анализирует и обобщает результаты патентного поиска по тематике проекта в выбранной области химии (химической технологии).

## 3. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОП ВО

Дисциплина «Физико-химия поверхности и хемосорбция» относится к элективной компоненте блока Б1 ОП ВО.

В рамках ОП ВО обучающиеся также осваивают другие дисциплины и/или практики, способствующие достижению запланированных результатов освоения дисциплины «Физико-химия поверхности и хемосорбция».

*Таблица 3.1. Перечень компонентов ОП ВО, способствующих достижению запланированных результатов освоения дисциплины*

Шифр	Наименование компетенции	Предшествующие дисциплины/модули, практики*	Последующие дисциплины/модули, практики*
М-ПК-1-н	Способность планировать работу и выбирать адекватные методы решения научно-исследовательских задач в выбранной области химии, химической технологии или смежных с химией науках	Кинетика элементарных реакций Статистическая термодинамика Катализ Термодинамика неравновесных процессов Научно-исследовательская работа Экспериментальные методы исследования в химии	Избранные главы квантовой химии Современные проблемы менеджмента в химии Химия окружающей среды Физические методы исследования в катализе Применение хроматографии в катализе Научно-исследовательская работа Преддипломная практика
М-ПК-2-н	Способность проводить патентно-информационные исследования в выбранной области химии и/или смежных наук	Кинетика элементарных реакций Статистическая термодинамика Катализ Термодинамика неравновесных процессов Научно-исследовательская работа Экспериментальные методы исследования в химии	Избранные главы квантовой химии Современные проблемы менеджмента в химии Химия окружающей среды Физические методы исследования в катализе Применение хроматографии в катализе Научно-исследовательская работа Преддипломная практика

\* - заполняется в соответствии с матрицей компетенций и СУП ОП ВО

#### 4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Физико-химия поверхности и хемосорбция» составляет 3 зачетные единицы.

Таблица 4.1. Виды учебной работы по периодам освоения ОП ВО для **ОЧНОЙ** формы обучения

Вид учебной работы	ВСЕГО, ак.ч.	Семестр			
		1	2	3	4
<i>Контактная работа, ак.ч.</i>	54		54		
в том числе:					
Лекции (ЛК)	36		36		
Лабораторные работы (ЛР)	18		18		
Практические/семинарские занятия (СЗ)					
<i>Самостоятельная работа обучающихся, ак.ч.</i>	36		36		
<i>Контроль (экзамен), ак.ч.</i>	18		18		
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b>	ак.ч.	<b>108</b>	<b>108</b>		
	зач.ед.	<b>3</b>	<b>3</b>		

## 5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Таблица 5.1. Содержание дисциплины по видам учебной работы

Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела (темы)	Вид учебной работы*
Раздел 1. Введение	Тема 1.1. Основные черты химической адсорбции. Критерии отличия хемосорбции от физической адсорбции.	ЛК
	Тема 1.2. Хемосорбция и гетерогенный катализ. Проблема дезактивации катализаторов. Коррозия.	ЛК
Раздел 2. Хемосорбционная связь. Неоднородность поверхности.	Тема 2.1. Схема диссоциативной хемосорбции и её энергетическая диаграмма. Равновесная хемосорбция. Изотермы адсорбции на неоднородной поверхности. Метод «контролирующей полосы» Рогинского.	ЛК
	Тема 2.2. Простые теории хемосорбции. Ковалентная связь. Ионсорбция.	ЛК
Раздел 3. Многообразие поверхностных хемосорбционных комплексов	Тема 3.1. Комплексы (формы хемосорбции) СО и олефинов. Барьер хемосорбции.	ЛК
	Тема 3.2. Молекулярные зонды поверхности металлов и оксидов металлов (ИК-спектры адсорбированного СО и пиридина).	ЛК, ЛР
	Тема 3.3.. Интермедиаты на примере каталитического синтеза метанола из СО и Н <sub>2</sub> .	ЛК, ЛР
Раздел 4. Теории хемосорбции	Тема 4.1. Электронные состояния на поверхности кристалла. Задача Тамма. Анализ хемосорбционных состояний.	ЛК
	Тема 4.2. Методы теории хемосорбции: кластерные квантово-химические расчеты, модель «желе»-металла в методе функционала плотности. Зонная теория твердого тела.	ЛК, ЛР
	Тема 4.3. Поверхность оксидов. Электронная теория адсорбции и катализа на полупроводниках Ф.Ф.Волькенштейна.	ЛК
Раздел 5. Особенности хемосорбции на металлах и оксидах	Тема 5.1. Коэффициент прилипания. Быстрая и медленная стадии хемосорбции. Хемосорбция и поверхностная диффузия. Энергетика хемосорбции на металлах и сплавах. Роль кристаллографии поверхности металла и хемосорбционное фасетирование. Образование упорядоченных фаз. Двумерные диаграммы. Дефекты поверхности твердого	ЛК

Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела (темы)	Вид учебной работы*
	тела. Тема 5.2. Типы поверхностных гидроксильных групп. Кислотные центры поверхности оксидов льюисовского и бренстедовского типа, методы тестирования. Связь электронных свойств и кислотности поверхности оксидных катализаторов с активностью и селективностью. Формы хемосорбции кислорода, их роль в каталитическом окислении олефинов (механизмы реакций).	ЛК, ЛР
Раздел 6. Экспериментальные методы исследования поверхности твердых тел и адсорбированных частиц:	Тема 6.1. Электронная микроскопия, зондовая микроскопия. Термодесорбция. Спектроскопия в ИК, УФ и видимой области.	ЛК, ЛР
	Тема 6.2. Рентгенофотоэлектронная и Оже-спектроскопия, спектроскопия комбинационного рассеяния, дифракция медленных электронов, масс-спектрометрия вторичных ионов, EXAFS, XANES.	ЛК, ЛР

\* - заполняется только по **ОЧНОЙ** форме обучения: ЛК – лекции; ЛР – лабораторные работы; СЗ – семинарские занятия.

## 6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Таблица 6.1. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Тип аудитории	Оснащение аудитории	Специализированное учебное/лабораторное оборудование, ПО и материалы для освоения дисциплины (при необходимости)
Лекционная	Аудитория для проведения занятий лекционного типа, оснащенная комплектом специализированной мебели; доской (экраном) и техническими средствами мультимедиа презентаций.	
Лаборатория	Аудитория для проведения лабораторных работ, индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, оснащенная комплектом специализированной мебели и оборудованием.	Комплект специализированной мебели; специализированное оборудование химической лаборатории: шкаф вытяжной, шкаф сушильный, химические реактивы, весы технические и аналитические,

Тип аудитории	Оснащение аудитории	Специализированное учебное/лабораторное оборудование, ПО и материалы для освоения дисциплины (при необходимости)
		хроматографы Кристалл 2000М, Кристалл 5000, хромато-масс-спектрометр Кристалл, рентгенофлуоресцентный спектрометр, ИК-спектрометр Инфралюм ФТ-02, спектрофотометры СФ-103, компьютеры, стационарный мультимедийный проектор, стационарный экран, демонстрационные материалы
Для самостоятельной работы обучающихся	Аудитория для самостоятельной работы обучающихся (может использоваться для проведения семинарских занятий и консультаций), оснащенная комплектом специализированной мебели и компьютерами с доступом в ЭИОС.	

## 7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### Основная литература:

1. Теория хемосорбции. Под. Ред. Дж. Смита. М. Изд. Мир. 1988. –386 с.
2. Боресков Г.К.. Гетерогенный катализ. М.Наука.1986.–304 с.(глава 5).  
Боресков Г.К. Гетерогенный катализ - М. : Наука, 1986. - 303 с. - 3.20.  
<https://lib.rudn.ru/MegaPro/Web/SearchResult/ToPage/1>
3. Крылов О.В.. Гетерогенный катализ. Учебное пособие для вузов. М. ИКД «Академкнига», 2004, 679 с., главы 2,4,6,7.  
Крылов О.В. Гетерогенный катализ: учебное пособие /. - М. : Академкнига, 2004. - 679 с. <https://lib.rudn.ru/MegaPro/Web/SearchResult/ToPage/1>
4. Розовский А.Я. Катализатор и реакционная среда. М.Наука.1988.
5. Зенгуил Э. Физика поверхности. М.Мир.1990.
6. Блейкмор Дж. Физика твердого тела. М.:Изд.Мир.1988.
7. Ф.Ф. Волькенштейн. Электронные процессы на поверхности полупроводников при хемосорбции - М.: Наука, 1987.  
<https://lib.rudn.ru/MegaPro/Web/SearchResult/ToPage/1>
8. Дункен Х., Лыгин В.И. Квантовая химия поверхности твердых тел. М.Мир.1980.
9. Лекция 4. Понятие о зонной теории кристаллов. Режим доступа: <https://refdb.ru/look/2951307.html>
10. Игорь Евгеньевич Тамм, 1897-1971. Биография. (Режим доступа:

[http://library.brstu.ru/static/bd/istor\\_ing\\_dela/personalia/tamm.pdf](http://library.brstu.ru/static/bd/istor_ing_dela/personalia/tamm.pdf).

*Дополнительная литература:*

1. Пентин Ю.А., Вилков Л.В. Физические методы исследования в химии. М.: Мир. Изд. АСТ. 2003.
2. Томас Дж. и др. Методы исследования катализаторов. Издательство: Мир. 1983.
3. Давыдов А.А.. ИК-спектроскопия в химии поверхности оксидов. Новосибирск, Изд. Наука СО АН СССР, 1984. –242 с.
4. В.И.Нефедов, В.Т.Черепин. Физические методы исследования поверхности твердых тел. М.Наука. 1983.–296 с.
5. Ягодовский В.Д. Адсорбция: учебное пособие - М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2015. - 216 с. : ил. - (Учебник для высшей школы). <https://lib.rudn.ru/MegaPro/Web/SearchResult/ToPage/1>
6. Обзорные статьи И.И.Михаленко и В.Д.Ягодовского. Журнал физической химии. 2002, № 2, Журнал физической химии. 2005, № 9.

*Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»:*

1. ЭБС РУДН им. П. Лумумбы и сторонние ЭБС, к которым студенты университета имеют доступ на основании заключенных договоров:
  - Электронно-библиотечная система РУДН им. П. Лумумбы – ЭБС РУДН им. П. Лумумбы <http://lib.rudn.ru/MegaPro/Web>
  - ЭБС «Университетская библиотека онлайн» <http://www.biblioclub.ru>
  - ЭБС Юрайт <http://www.biblio-online.ru>
  - ЭБС «Консультант студента» [www.studentlibrary.ru](http://www.studentlibrary.ru)
  - ЭБС «Лань» <http://e.lanbook.com/>
  - ЭБС «Троицкий мост»
  - Химическая энциклопедия <http://www.chemport.ru>
  - Портал фундаментального химического образования России <http://www.chemnet.ru>
  - XuMuK: сайт о химии для химиков [www.xumuk.ru](http://www.xumuk.ru)
  - IOPSCIENCE IOP Publishing <http://iopscience.iop.org/journals?type=archive>
  - Mendeley <http://www.mendeley.com/>
  - Nature <http://www.nature.com/siteindex/index.html>
  - RSC, журналы Королевского химического общества (Royal Society of Chemistry) <http://pubs.rsc.org/>
  - ScienceDirect (ESD) <http://www.sciencedirect.com>
  - Электронные ресурсы издательства Springer <https://rd.springer.com/>
  - Wiley Online Library <http://www.wileyonlinelibrary.com/>
2. Базы данных и поисковые системы:
  - электронный фонд правовой и нормативно-технической документации <http://docs.cntd.ru/>
  - поисковая система Яндекс <https://www.yandex.ru/>
  - поисковая система Google <https://www.google.ru/>
  - реферативная база данных SCOPUS <http://www.elsevierscience.ru/products/scopus/>
  - Reaxys, Reaxys Medicinal Chemistry <https://www.reaxys.com/>

Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся при освоении дисциплины/модуля\*:

1. Лекции по дисциплине «Физико-химия поверхности и хемосорбция»
2. Методические указания по освоению дисциплина, подготовке к тестам
4. Методические указания по подготовке и оформлению презентаций и рефератов.

\* - все учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся размещаются в соответствии с действующим порядком на странице дисциплины **в ТУИС!**

## **8. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СИСТЕМА ОЦЕНИВАНИЯ УРОВНЯ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

Оценочные материалы и балльно-рейтинговая система\* оценивания уровня сформированности компетенций (части компетенций) по итогам освоения дисциплины «Физикохимия поверхности и хемосорбция» представлены в Приложении к настоящей Рабочей программе дисциплины.

\* - ОМ и БРС формируются на основании требований соответствующего локального нормативного акта РУДН им. П. Лумумбы (положения/порядка).

**РАЗРАБОТЧИКИ:**

**Профессор кафедры  
физической и  
коллоидной химии**

Должность, БУП



Подпись

**Михаленко И.И.**

Фамилия И.О.

**РУКОВОДИТЕЛЬ БУП:**

**Кафедра физической и  
коллоидной химии**

Наименование БУП



Подпись

**Чередниченко А.Г.**

Фамилия И.О.

**РУКОВОДИТЕЛЬ ОП ВО:**

**Декан ФФМиЕН,  
заведующий кафедрой  
органической химии**

Должность, БУП



Подпись

**Воскресенский Л.Г.**

Фамилия И.О.