

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Ястребов Олег Александрович  
Должность: Ректор  
Дата подписания: 14.06.2022 15:24:58  
Уникальный программный ключ:  
ca953a0120d891083f9396730c4419889147187

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

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

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

Адсорбция

(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)

2022 г.

## 1. ЦЕЛЬ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины «Адсорбция» является ознакомление студентов с теоретическими и практическими задачами, связанными с применением методов теории адсорбции в различных областях фундаментальной и прикладной химии.

## 2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Освоение дисциплины «Адсорбция» 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)
УК-6	Способность определить и реализовать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки	УК-6.1. Оценивает свои ресурсы и их пределы (личностные, ситуативные, временные), оптимально их использует для успешного выполнения порученного задания.
		УК-6.2. Определяет приоритеты профессионального роста и способы совершенствования собственной деятельности на основе самооценки по выбранным критериям.
		УК-6.3. Выстраивает гибкую профессиональную траекторию, используя инструменты непрерывного образования, с учетом накопленного опыта профессиональной деятельности и динамично изменяющихся требований рынка труда
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-1-н-2. Выбирает экспериментальные и расчетно-теоретические методы решения поставленной задачи исходя из имеющихся материальных и временных ресурсов.
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 «Адсорбция» 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 «Адсорбция».

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

Шифр	Наименование компетенции	Предшествующие дисциплины/модули, практики*	Последующие дисциплины/модули, практики*
УК-6	Способен определить и реализовать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки	Актуальные задачи современной химии Кинетика элементарных реакций Статистическая термодинамика Катализ Термодинамика неравновесных процессов Научно-исследовательская работа Экспериментальные методы исследования в химии	Актуальные задачи современной 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-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	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

Шифр	Наименование компетенции	Предшествующие дисциплины/модули, практики*	Последующие дисциплины/модули, практики*
		Экспериментальные методы исследования в химии	

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

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

Общая трудоемкость дисциплины «Адсорбция» составляет 4 зачетных единицы.

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

Вид учебной работы	ВСЕГО, ак.ч.	Семестр(-ы)			
		1	2	3	4
Контактная работа, ак.ч.	72		72		
Лекции (ЛК)	36		36		
Лабораторные работы (ЛР)	36		36		
Практические/семинарские занятия (СЗ)					
Самостоятельная работа обучающихся, ак.ч.	54		54		
Контроль (экзамен), ак.ч.	18		18		
Общая трудоемкость дисциплины	ак.ч.	<b>144</b>	<b>144</b>		
	зач.ед.	<b>4</b>	<b>4</b>		

#### 5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Таблица 5.1. Содержание дисциплины (модуля) по видам учебной работы

Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела (темы)	Вид учебной работы*
Раздел 1. Термодинамика адсорбции	Тема 1.1. 1.1. Особенности подхода к термодинамическому описанию поверхностных явлений. Термодинамика гетерогенных систем. Две возможности учёта поверхностных явлений: метод слоя конечной толщины и метод Гиббса введения избыточных величин. Термодинамика адсорбции на границе жидкости.	ЛК, ЛР
	Тема 1.2. 1.2. Уравнение адсорбции Гиббса для плоской поверхности раздела. Изменения термодинамических функций (вывод из фундаментального уравнения Гиббса для жидкой поверхности раздела фаз).	ЛК, ЛР
	Тема 1.3. 1.3. Развитие метода Гиббса для границ раздела твёрдое тело. Термодинамическая модель объёмного метода измерения адсорбции. Изменения термодинамических функций (вывод из	ЛК, ЛР

Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела (темы)	Вид учебной работы*
	фундаментального уравнения адсорбции на твердом адсорбенте).	
	Тема 1.4. Интегральные (среднемольные) и дифференциальные избыточные термодинамические величины и связь между ними. Изменение дифференциальных мольных и интегральных мольных термодинамических величин при адсорбции.	ЛК, ЛР
	Тема 1.5. Теплоты адсорбции: изостерическая и интегральная теплоты адсорбции. Равновесные и калориметрические теплоты. Основные типы зависимостей теплот адсорбции от количества адсорбированного вещества.	ЛК, ЛР
Раздел 2. Модельные уравнения состояния и изотермы адсорбции	Тема 2.1. 2.1. Уравнения состояния адсорбированного вещества (аналоги уравнений Фольмера, Ван-дер-Ваальса, вириального уравнения). Вывод уравнений изотерм адсорбции (уравнение Генри, изотерма Хилла де Бура, изотерма Хилла и др. Двухмерные фазовые переходы. Константа Генри.	ЛК, ЛР
	Тема 2.2. 2.2. Локализованная адсорбция. Уравнение мономолекулярной адсорбции Ленгмюра. Полимолекулярная адсорбция, уравнение БЭТ и его применение для определения величины удельной поверхности. Теория капиллярной конденсации. Теория объемного заполнения микропор. Расчет распределения объёмов пор по размерам из изотерм адсорбции.	ЛК, ЛР
	Тема 2.3. Адсорбция газов и паров на пористых телах. Влияние размеров пор на адсорбцию паров. Адсорбция паров в тонких порах сорбентов. Потенциальная теория Поляни. Применение теории Поляни для расчета изотерм. Уравнение Дубинина-Радушкевича.	ЛК, ЛР
Раздел 3. Молекулярно-статистическое описание адсорбции	Тема 3.1. Основные соотношения статистической термодинамики (канонический и большой канонический ансамбли). Простейшая молекулярная модель избыточной адсорбции на абсолютно гладкой поверхности без участия взаимодействия адсорбат-адсорбат. Канонический ансамбль. Вывод общего уравнения изотермы адсорбции и предположения инертности адсорбента. Выражение для константы Генри для адсорбции многоатомных молекул. Большой канонический ансамбль.	ЛК, ЛР

Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела (темы)	Вид учебной работы*
	Тема 3.2. Вывод уравнения БЭТ и анализ полученного решения. Статистический вывод уравнения Генри и Лэнгмюра для идеального адсорбционного слоя. Вывод уравнения Френкеля. Формула Френкеля (учет внутримолекулярных степеней свободы). Статистический расчет энтропии идеального адсорбционного слоя.	ЛК
	Тема 3.3. Вывод уравнения Лэнгмюра на основе решеточной модели. Вывод уравнения БЭТ на основе решеточной модели. Описание адсорбции с помощью вириального разложения.	ЛК
	Тема 3.4. Адсорбция на неоднородной поверхности. Модель Темкина. Уравнение Фрейндлиха для неоднородной поверхности. Сумма уравнений Лэнгмюра для неоднородных поверхностей. Статистическое описание адсорбции цеолитами.	ЛК, ЛР
Раздел 4. Адсорбционные силы	Тема 4.1. Основные положения теории возмущений.	ЛК
	Тема 4.2. Кулоновское притяжение между диполем и ионом. Кулоновское притяжение между двумя диполями. Индукционное взаимодействие. Дисперсионное взаимодействие.	ЛК
	Тема 4.3. Эмпирические модельные потенциалы. Адсорбционный потенциал.	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.	

Тип аудитории	Оснащение аудитории	Специализированное учебное/лабораторное оборудование, ПО и материалы для освоения дисциплины (при необходимости)
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, термостаты, фотометры КФК-3, измерители рН ExStik*EC500, микроскоп, кондуктометр, устройство для просушивания посуды ПЭ-2000, термостат жидкостный ТЖ-ТС, прибор Ребиндера, аквадистиллятор электрический ДЭ-25, весы электронные ОНАУS АR 2140, весы торсионные, нефелометр НФО, рефрактометр, монитор качества воды РНТ-028, спектрофотометр ПЭ-5300ВИ, прибор для криоскопических измерений, кондуктометр CD`308; АНИОН 4100, рН-метр ExStik*EC500, кислородомер АНИОН 4100, измеритель карманный ОВП ST10R, мультиметр VC-11, анализаторы жидкости ЭКСПЕРТ-001, стационарный мультимедийный проектор, стационарный экран
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. Адсорбция. Учебное пособие / В.Д. Ягодовский. - М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2015. - 216 с.: ил. - Учебник для высшей школы. - 350.00.

<http://lib.rudn.ru/MegaPro/Web/SearchResult/ToPage/1>

*Дополнительная литература:*

1. Адсорбция, кинетика, спектроскопия: Учебное пособие. - М.: УДН, 1982. - 81 с. - 0.00. <http://lib.rudn.ru/MegaPro/Web/SearchResult/ToPage/1>
2. Термодинамика адсорбции: Текст лекций для студентов, специализирующихся по физической химии / В.Д. Ягодовский; УДН. - М.: УДН, 1978. - 46 с. - 0.16. <http://lib.rudn.ru/MegaPro/Web/SearchResult/ToPage/1>
3. Статистическое описание адсорбции: Текст лекций для студентов специальности "Химия" / В.Д. Ягодовский; УДН. - М.: УДН, 1978. - 44 с. - 0.15. <http://lib.rudn.ru/MegaPro/Web/SearchResult/ToPage/1>

*Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»:*

1. ЭБС РУДН и сторонние ЭБС, к которым студенты университета имеют доступ на основании заключенных договоров:

- Электронно-библиотечная система РУДН – ЭБС РУДН <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. Курс лекций по дисциплине «Адсорбция».
2. Лабораторный практикум по дисциплине «Адсорбция»

\* - 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 «Адсорбция» представлены в Приложении к настоящей Рабочей программе дисциплины.

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

### **РАЗРАБОТЧИКИ:**

Доцент кафедры физической  
и коллоидной химии



**Братчикова И.Г.**

---

Должность, БУП

---

Подпись

---

Фамилия И.О.

### **РУКОВОДИТЕЛЬ БУП:**

Кафедра физической и  
коллоидной химии



**Чередниченко А.Г.**

---

Наименование БУП

---

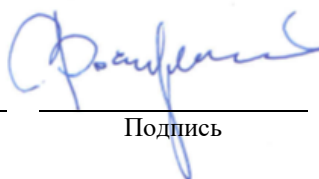
Подпись

---

Фамилия И.О.

### **РУКОВОДИТЕЛЬ ОП ВО:**

Декан ФФМиЕН,  
заведующий кафедрой  
органической химии



**Воскресенский Л.Г.**

---

Должность, БУП

---

Подпись

---

Фамилия И.О.