

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

Факультет физико-математических и естественных наук

Рекомендовано МССН
по направлению 04.00.00 «Химия»

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Наименование дисциплины

АДСОРБЦИЯ

Рекомендуется для направления подготовки

04.04.01 «ХИМИЯ»

Направленность программы (профиль)

«ФУНДАМЕНТАЛЬНАЯ И ПРИКЛАДНАЯ ХИМИЯ»

1. Цели и задачи дисциплины.

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

Задачи освоения дисциплины:

- изучение основных теоретических закономерностей, описывающих сорбционные процессы;
- рассмотрение методов исследования сорбционных процессов;
- изложение математическое описание равновесной адсорбции (без затрагивания ее динамических аспектов) на основе термодинамики и молекулярно-статистической теории;
- рассмотрение представления о природе адсорбционных сил и основных экспериментальных методах исследования адсорбционных явлений.
- формирование представлений о химии поверхности и адсорбционных свойствах неорганических и органических адсорбентов;
- формирование представлений о прикладных задачах процессов сорбции.

2. Место дисциплины в структуре ОП ВО:

Дисциплина «Адсорбция» относится к вариативной части блока 1 учебного плана по направлению 04.04.01 и является дисциплиной модуля 3 по выбору. В таблице № 1 приведены предшествующие и последующие дисциплины, направленные на формирование компетенций дисциплины в соответствии с матрицей компетенций ОП ВО.

Таблица № 1

Предшествующие и последующие дисциплины, направленные на формирование компетенций

№ п/п	Шифр и наименование компетенции	Предшествующие дисциплины	Последующие дисциплины
Универсальные компетенции			
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 Нанохимия НИР	Актуальные задачи современной химии Физико-химия поверхности и хемосорбция Химия окружающей среды Современные проблемы менеджмента в химии Избранные главы квантовой химии Физические методы исследования в катализе Применение хроматографии в катализе НИР
Профессиональные компетенции			
М-ПК-1-н	Способен 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 Нанохимия НИР	Физико-химия поверхности и хемосорбция Химия окружающей среды Современные проблемы менеджмента в химии Избранные главы квантовой химии Физические методы исследования в катализе

		Применение хроматографии в катализе НИР Преддипломная практика
М-ПК-2-н Способен проводить патентно-информационные исследования в выбранной области химии и/или смежных наук	Кинетика элементарных реакций Статистическая термодинамика Катализ Термодинамика неравновесных процессов Нанохимия НИР	Физико-химия поверхности и хемосорбция Химия окружающей среды Современные проблемы менеджмента в химии Избранные главы квантовой химии Физические методы исследования в катализе Применение хроматографии в катализе НИР Преддипломная практика

3. Требования к результатам освоения дисциплины:

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

Формируемые компетенции

Компетенции	Название компетенции	Составляющие компетенции
УК-6	Способен 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	Способен планировать работу и выбирать адекватные методы решения научно-исследовательских задач в выбранной области химии, химической технологии или смежных с химией наук	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	Способен 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)

В результате изучения дисциплины студент должен:

Знать: основные понятия, закономерности, теории, описывающие процесс адсорбции.

Уметь: ориентироваться в особенностях процесса адсорбции на различных границах раздела; использовать полученные знания, для решения научных и прикладных задач.

Владеть: основными методами исследования адсорбции, методиками представления результатов эксперимента.

4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетные единицы.

Вид учебной работы	Всего часов	Модули			
		3	4		
Аудиторные занятия (всего)	60	36	24		
В том числе:					
<i>Лекции</i>	34	18	16		
<i>Практические занятия (ПЗ)</i>					
<i>Семинары (С)</i>					
<i>Лабораторные работы (ЛР)</i>	26	18	8		
Самостоятельная работа (всего)	84	36	48		
Общая трудоемкость	час	144	72	72	
	зач. ед.	4	2	2	

5. Содержание дисциплины

5.1. Содержание разделов дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела (темы)
1.	Термодинамика адсорбции	<p>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.</p> <p>1.2. Уравнение адсорбции Гиббса для плоской поверхности раздела. Изменения термодинамических функций (вывод из фундаментального уравнения Гиббса для жидкой поверхности раздела фаз).</p> <p>1.3. Развитие метода Гиббса для границ раздела твёрдое тело. Термодинамическая модель объёмного метода измерения адсорбции. Изменения термодинамических функций (вывод из фундаментального уравнения адсорбции на твердом адсорбенте).</p> <p>1.4. Интегральные (среднемольные) и дифференциальные избыточные термодинамические величины и связь между ними. Изменение дифференциальных мольных и интегральных мольных термодинамических величин при адсорбции.</p> <p>1.5. Теплоты адсорбции: изостерическая и интегральная теплоты адсорбции. Равновесные и калориметрические теплоты. Основные типы зависимостей теплот адсорбции от количества адсорбированного вещества.</p>
2.	Модельные уравнения состояния и изотермы адсорбции	<p>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.</p> <p>2.2. Локализованная адсорбция. Уравнение мономолекулярной адсорбции Ленгмюра. Полимолекулярная адсорбция, уравнение БЭТ и его применение для определения величины удельной поверхности. Теория капиллярной конденсации. Теория объёмного заполнения микропор. Расчет распределения объёмов пор по размерам из изотерм адсорбции.</p> <p>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.</p>
3.	Молекулярно-статистическое описание адсорбции	<p>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</p>

		<p>изотермы адсорбции и предположения инертности адсорбента. Выражение для константы Генри для адсорбции многоатомных молекул. Большой канонический ансамбль.</p> <p>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.</p> <p>3.3. Вывод уравнения Лэнгмюра на основе решеточной модели. Вывод уравнения БЭТ на основе решеточной модели. Описание адсорбции с помощью вириального разложения.</p> <p>3.4. Адсорбция на неоднородной поверхности. Модель Темкина. Уравнение Фрейндлиха для неоднородной поверхности. Сумма уравнений Лэнгмюра для неоднородных поверхностей. Статистическое описание адсорбции цеолитами.</p>
4.	Адсорбционные силы	<p>4.1. Основные положения теории возмущений.</p> <p>4.2. Кулоновское притяжение между диполем и ионом. Кулоновское притяжение между двумя диполями. Индукционное взаимодействие. Дисперсионное взаимодействие.</p> <p>4.3. Эмпирические модельные потенциалы. Адсорбционный потенциал.</p>

5.2. Разделы дисциплин и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Лекции	Практ. зан.	Лаб. зан.	Семина	СРС	Всего час.
1.	Термодинамика адсорбции	10		8		21	39
2.	Модельные уравнения адсорбции	8		6		21	35
3.	Статистическое описание адсорбции	8		6		21	35
4.	Адсорбционные силы	8		6		21	35
	Всего	34		26		84	144

6. Лабораторный практикум (Расчетные работы)

№ п/п	№ раздела дисциплины	Тематика практических занятий	Трудоемкость (час.)
1.	Термодинамика адсорбции	Уравнение адсорбции Гиббса для плоской поверхности раздела. Изменения термодинамических функций при адсорбции. Интегральные (среднемольные) и дифференциальные избыточные термодинамические величины и связь между ними. Изменение дифференциальных мольных и интегральных мольных термодинамических величин при адсорбции. Основные типы зависимостей теплот адсорбции от количества адсорбированного вещества.	8
2.	Модельные уравнения адсорбции	Модельное термодинамическое описание адсорбции. Уравнение состояния двухмерного идеального газа. Уравнения изотерм адсорбции. Полимолекулярная адсорбция, уравнение БЭТ и его применение для определения величины удельной поверхности. Капиллярная конденсация. Уравнение Томсона. Расчет распределения объемов пор по размерам из изотерм адсорбции.	6
3.	Статистическое описание адсорбции	Основные соотношения статистической термодинамики (канонический и большой канонический ансамбли). Вывод уравнения Лэнгмюра на основе решеточной модели. Вывод уравнения БЭТ на основе решеточной модели. Описание адсорбции с помощью	6

		вириального разложения.	
4.	Адсорбционные силы	Адсорбционный потенциал, его выражение через решеточные суммы, приближение Лондона. Эмпирические модельные потенциалы.	6
	Всего		26

7. Практические занятия (семинары)

Не предусмотрено учебным планом.

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

Наименование дисциплины (модуля), практик в соответствии с учебным планом	Наименование специальных* помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения.
Адсорбция	ул. Орджоникидзе, д.3, Научная химическая лаборатория для проведения занятий лабораторного типа, индивидуальных консультаций, научно-учебная лаборатория физической химии: ауд.№ 520	Комплект специализированной мебели; специализированное оборудование химической лаборатории: компьютер, Центрифуга TLT T23D, Термостат водный, Хроматограф Цвет, Инфракрасный спектрометр ФТ-02, имеется выход в интернет	Microsoft Windows 7, Код продукта № 00359-ОБМ-8992687-00246
	ул. Орджоникидзе, д.3, Лаборатория адсорбции: ауд. 111	Комплект специализированной мебели; специализированное оборудование химической лаборатории: компьютер, Хроматографическая установка с пламенно-ионизационным детектором. Вакуумная адсорбционная установка. Газовый хроматограф с квадрупольным масс-детектором, пламенно-ионизационным детектором, детектором по теплопроводности, детектором электронного захвата. Каталитическая установка атмосферного давления, Каталитическая установка «Дегидратация спиртов», имеется выход в интернет	Microsoft Windows 7, Код продукта № 00359-ОБМ-8992687-00246 Microsoft Win 10 Домашняя для одного языка, Код продукта № 00327-60000-00000-AA717.
	ул. Орджоникидзе, д.3, Лаборатория гетерогенного катализа: ауд. 515	Комплект специализированной мебели; специализированное оборудование химической лаборатории: компьютер, Хроматограф Кристалл 5000 Хроматограф Кристалл 2000 М Хроматограф Кристалл 5000 Хроматограф Кристалл 2000 М Газометр ГХ-1 Каталитическая установка «синтез Фишера – Тропша» Каталитическая установка «Углекислотная конверсия метана» Термодесорбционная установка, имеется выход в интернет	Microsoft Windows 7, Код продукта № 00359-ОБМ-8992687-00246 Microsoft Win 10 Домашняя для одного языка, Код продукта № 00327-60000-00000-AA717.

Все оборудование в лабораториях достаточно современно и соответствует действующим санитарным и противопожарным нормам, а также требованиям техники безопасности при проведении учебных работ.

9. Информационное обеспечение дисциплины

Учебно-научный информационный библиотечный центр РУДН	http://lib.rudn.ru/
ЭБС РУДН	http://lib.rudn.ru/MegaPro/Web
ЭБС "Университетская библиотека ONLINE"	http://www.biblioclub.ru
Телекоммуникационная учебно-информационная система (ТУИС) РУДН	http://esystem.pfur.ru/course/view.php?id=998
Портал фундаментального химического образования России	http://www.chemnet.ru
Научная электронная библиотека eLibrary.ru	http://www.elibrary.ru/defaultx.asp
Химическая энциклопедия	http://www.chemport.ru
XuMuK: сайт о химии для химиков	www.xumuk.ru
Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы:	www.webofscience.com http://www.scopus.com/

10. Учебно-методическое обеспечение дисциплины:

а) 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>

б) 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>

11. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

Одним из основных видов деятельности студента является самостоятельная работа, которая включает в себя изучение лекционного материала, учебников и учебных пособий, первоисточников, подготовку сообщений, выступления на групповых занятиях, выполнение заданий преподавателя. Самостоятельная работа как вид учебного труда выполняется студентами без непосредственного участия преподавателя.

Самостоятельную работу над дисциплиной следует начинать с изучения программы, которая содержит основные требования к знаниям, умениям и навыкам обучаемых. Обязательно следует вспомнить рекомендации преподавателя, данные в ходе установочных занятий. Затем – приступить к изучению отдельных разделов и тем в порядке, предусмотренном программой.

Для понимания лекционного материала и качественного его усвоения необходимо вести конспекты лекций.

Теоретические знания, полученные из курса лекций, закрепляются на семинарских занятиях.

При подготовке к семинарским занятиям следует: прорабатывать конспекты лекций, читать рекомендованную литературу; отвечать на вопросы для самоконтроля.

При возникновении затруднений следует сформулировать конкретные вопросы к преподавателю.

За консультацией следует обращаться и в случае, если возникнут сомнения в правильности ответов на вопросы для самоконтроля.

В процессе изучения дисциплины использованы следующие виды самостоятельной работы студентов:

- выполнение текущих домашних заданий;
- подготовка устных сообщений по заданной тематике;
- работа с текстами и вопросами для самопроверки;
- поиск и обработка информации с использованием Интернет- технологий.

12. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине «Адсорбция»

Материалы для оценки уровня освоения учебного материала дисциплины «Адсорбция» (оценочные материалы), включающие в себя перечень компетенций с указанием этапов их формирования, описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания, типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы, методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций, разработаны в полном объеме и доступны для обучающихся на странице дисциплины в ТУИС РУДН.

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ВО РУДН.

Разработчики:

доцент кафедры физической и коллоидной химии,
к.х.н., доцент

И.Г. БРАТЧИКОВА

Руководитель программы
Профессор кафедры органической химии

Варламов А.В.

Заведующий кафедрой
физической и коллоидной химии

А.Г. ЧЕРЕДНИЧЕНКО