

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

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой
Аналитической химии



Елисеева Т.В.

02.07.2021г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Б.1.В.ДВ.01.01 Физико-химические основы ионного обмена

Код и наименование дисциплины в соответствии с Учебным планом

1. Шифр и наименование направления подготовки/специальности:

04.06.01 Химические науки

2. Профиль подготовки/специализации: Аналитическая химия

3. Квалификация (степень) выпускника: Исследователь. Преподаватель-исследователь.

4. Форма образования: очная

5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины: кафедра аналитической химии

6. Составители программы:

Хохлов Владимир Юрьевич д.х.н., профессор
(ФИО, ученая степень, ученое звание)

7. Рекомендована: НМС химического факультета № 5 от 17.06.2021

(наименование рекомендующей структуры, дата, номер протокола, отметки о продлении вносятся вручную)

8. Учебный год: 2023/2024

Семестр(ы): 6

9. Цели и задачи учебной дисциплины:

Цель: Ознакомление аспирантов с современными аспектами теоретических основ термодинамики, кинетики и динамики ионного обмена.

Для решения поставленных задач в рамках курса представлены математические модели, позволяющие описать ионообменные процессы, дана их физико-химическая трактовка.

10. Место учебной дисциплины в структуре ООП: (цикл, к которому относится дисциплина, требования к входным знаниям, умениям и компетенциям, дисциплины, для которых данная дисциплина является предшествующей)

Вариативная часть. Дисциплина по выбору.

Обучающиеся должны иметь представление о наиболее актуальных проблемах современной теоретической и экспериментальной химии; понимать их значение для развития науки и производства

11. Планируемые результаты обучения по дисциплине/модулю (знания, умения, навыки), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников):

Компетенция		Планируемые результаты обучения
Код	Название	
ОПК-1	способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области использованием	<p>знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> -современные способы использования информационно-коммуникационных технологий в выбранной сфере деятельности; <p>уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> -выбирать и применять в профессиональной деятельности экспериментальные и расчетно-теоретические методы исследования; <p>владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> -навыками поиска и критического анализа информации по тематике проводимых исследований; -навыками планирования научного исследования, анализа получаемых результатов и формулировки выводов; - навыками представления и продвижения результатов интеллектуальной деятельности.
ПК-8	способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в области аналитической химии с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий	<p>Знать: основы методов аналитической химии, их применимость к объектам химического анализа.</p> <p>Уметь: проводить научно-исследовательскую работу хроматографическими методами, получать научные результаты, их обрабатывать и использовать с применением современных информационных технологий;</p> <p>Владеть (иметь навык(и)): работы на серийной аппаратуре, применяемой в аналитических и физико-химических исследованиях и технологиями обработки информации.</p>
УК-1	способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений,	<p>знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> -современное состояние науки в областях химии, включая междисциплинарные направления;

	<p>генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях</p>	<p>-методологию комплексных научных исследований в области аналитической химии, включая исследования междисциплинарного характера;</p> <p>-теоретические и экспериментальные подходы и методы научно-исследовательской деятельности в области аналитической химии.</p> <p>уметь:</p> <p>-определить возможные методологические проблемы, возникающие в ходе теоретических и экспериментальных исследований в области аналитической химии;</p> <p>-сформулировать цели и задачи научного исследования области аналитической химии и предложить методологию его проведения;</p> <p>-проектировать исследования комплексного характера на основе целостного системного научного мировоззрения.</p> <p>владеть:</p> <p>- навыками анализа методологических проблем, возникающих при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях;</p> <p>-навыками критического анализа и оценки современных научных достижений и результатов деятельности по решению исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях.</p>
УК-4	<p>готовность использовать современные методы и технологии научной коммуникации на государственном и иностранных языках</p>	<p>знать:</p> <p>- современные научные достижения в области химических наук и смежных междисциплинарных областей;</p> <p>-современные прикладные направления в предметной области знания;</p> <p>-современные экспериментальные и теоретические методы исследования в области химии.</p> <p>уметь:</p> <p>- применять современные научные достижения на практике;</p> <p>-принимать участие в работе российских и международных исследовательских коллективов по решению научных задач;</p> <p>-использовать современные методы и технологии научной коммуникации на государственном и иностранном языках;</p> <p>-использовать экспериментальные методы исследования в области высокомолекулярных соединений;</p> <p>владеть:</p> <p>- способностью к критическому анализу и оценке</p>

	современных научных достижений; -способностью самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в предметной области;
--	--

12. Структура и содержание учебной дисциплины:

12.1 Объем дисциплины в зачетных единицах/часах в соответствии с учебным планом — 2 /72

Форма промежуточной аттестации - зачет

13. Виды учебной работы:

Вид учебной работы	Трудоемкость			
	Всего	По семестрам		
		7 семестр	№ семестра	...
Аудиторные занятия	4	4		
в том числе:	лекции	-	-	
	практические	-	-	
	лабораторные	-	-	
	индивидуальные занятия	4	4	
Самостоятельная работа	68	68		
в том числе: курсовая работа (проект)	-	-		
Форма промежуточной аттестации (зачет)				
Итого:	72	72		

13.1. Содержание разделов дисциплины

п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины
1. Лекции		
1.1	Термодинамика ионного обмена	Термодинамика ионного обмена. Условия термодинамического равновесия в ионообменной системе. Уравнение закона действия масс для процессов в системе ионит – раствор. Химические потенциалы компонентов в системе ионит – раствор. Определение коэффициентов активности компонентов в фазе ионообменника и термодинамической константы равновесия ионного обмена. Дифференциальные термодинамические функции реакции ионнообмена. Факторы, влияющие на ионообменное равновесие.
1.2	Закономерности сорбции органических ионов.	Некоторые закономерности сорбции органических ионов. Влияние структуры адсорбтива на равновесие в ионообменной системе. Явление ионообменного изотермического пересыщения. Характеристики образования пересыщенных растворов в ионообменниках.
1.3	Равновесие в многокомпонентных системах.	Принципы расчета. Комбинирование бинарных равновесий. Расчет термодинамических характеристик.
1.4	Динамика ионного обмена.	Кривые распределения. Фронт ионообменной сорбции. Математические модели ионообменных колонн. Влияние вида изотермы сорбции на моделирование фронта сорбции. Фронтальная динамика сорбции одного вещества. Уравнение движения фронта сорбции. Динамика сорбции с участием органических ионов. Регенерация ионообменников.

13.2 Темы (разделы) дисциплины и виды занятий:

№	Наименование темы	Виды занятий (часов)
---	-------------------	----------------------

п/п	(раздела) дисциплины	Контактная работа	Практические	Лабораторные	Самостоятельная работа	Всего
1	Термодинамика ионного обмена	1			15	16
2	Закономерности сорбции органических ионов.	1			15	16
3	Равновесие в многокомпонентных системах.	1			20	21
4	Динамика ионного обмена.	1			18	19
Итого:		4			68	72

14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (рекомендации обучающимся по освоению дисциплины: работа с конспектами лекций, презентационным материалом, выполнение практических заданий, тестов, заданий текущей аттестации и т.д.):

работа с конспектами лекций, выполнение лабораторных работ (практические расчеты термодинамических и кинетических параметров сорбции), тестовые задания.

15. Перечень основной и дополнительной литературы, ресурсов интернет, необходимых для освоения дисциплины (список литературы оформляется в соответствии с требованиями ГОСТ и используется общая сквозная нумерация для всех видов источников)

а) основная литература:

№ п/п	Источник
1	Харитонов Ю.Я. Аналитическая химия : учебник / Ю. Я. Харитонов - Москва : ГЭОТАР-Медиа, 2018. - 320 с. - ISBN 978-5-9704-4400-9. - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785970444009.html
2	Валова В.Д. Аналитическая химия и физико-химические методы анализа / Валова (Копылова) В.Д. - Москва : Дашков и К, 2017. - 200 с. - ISBN 978-5-394-01301-0. - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785394013010.html

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
3	Сальников В.Д. Современные методы аналитического контроля материалов : лаб. практикум / В.Д. Сальников, И.В. Муравьева. - Москва : МИСиС, 2020. - 77 с. - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : https://www.studentlibrary.ru/book/Misis_494.html
4	Бахтеев С.А. Метрологическое обеспечение лабораторных работ по аналитической химии : учебное пособие / Бахтеев С.А. - Казань : Издательство КНИТУ, 2017. - 140 с. - ISBN 978-5-7882-2286-8. - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785788222868.html
5	Котова Д.Л. Термический анализ ионообменных материалов / Д.Л. Котова, В.Ф. Селеменев. - М. : Наука, 2002. - 156 с
6	Котова Д.Л. Кинетика ионного обмена / Котова Д.Л., Крысанова Т.А., Крысанов В.А. Воронеж : ИПЦ «Научная книга», 2012 - 75 с.
7	Кокотов Ю.А. Теоретические основы ионного обмена. Сложные ионообменные равновесия / Ю.А. Кокотов, П.П. Золотарев, Г.Э.Елькин. Л. : Химия, 1986. - 270 с.
8	Самсонов Г.В. Ионный обмен. Сорбция органических соединений / Г.В. Самсонов, Е.Б. Тростянская, Г.Э.Елькин. Л. : Наука, 1969. - 336 с.
9	Самсонов Г.В. Сорбционные и хроматографические методы физико-химической биотехнологии / Г.В. Самсонов, А.Т. Меленевский. Л. : Наука, 1986. - 225 с.
10	Кравченко Т.А. Наноккомпозиты металл-ионообменник / Т.А.Кравченко, Л.Н.Полянский, А.И.Калиничев, Д.В.Конев. М.:Наука, 2009. - 391 с.
11	Инфракрасная спектроскопия ионообменных материалов / В.А. Углянская [и др.]. Воронеж : Изд-во Воронеж. ун-та, 1989. - 200 с.
12	Солдатов В.С. Ионообменные равновесия в многокомпонентных системах / В.С.

	<i>Солдатов, В.А. Бычкова. Минск : Наука и техника, 1988. – 182 с.</i>
14	<i>Николаев Н.И. Кинетика ионного обмена на смолах // Кинетика и динамика физической адсорбции / Н. И. Николаев – М.: Наука. 1973. С.32-38.</i>
15	<i>Кокотов Ю.А. Равновесие и кинетика ионного обмена / Ю.А. Кокотов, В.А. Пасечник. Л. : Химия, 1988. – 366 с.</i>
16	<i>Амелин А.Н. Калориметрия ионообменных процессов / А.Н. Амелин, Ю.А. Лейкин. Воронеж : Изд-во Воронеж. ун-та, 1991. –102 с</i>
17	<i>Синявин М.М. Ионный обмен в технологии и анализе неорганических веществ / М.М. Синявин. М. : Химия, 1980. – 124 с.</i>

в) информационные электронно-образовательные ресурсы:

№ п/п	Источник
18	ЭБС «Университетская библиотека online», http://biblioclub.ru/
19	ЭБС «Консультант студента», http://www.studmedlib.ru
20	www.lib.vsu.ru – ЗНБ ВГУ
21	«Аналитика-Мир профессионалов» ИНТЕРНЕТ ПОРТАЛ ХИМИКОВ-АНАЛИТИКОВ http://www.anchem.ru/
22	Интернет-ресурсы по методам химического анализа - http://www.rusanalytchem.org
23	Интернет портал для химиков http://www.chemweb.com
24	Образовательный портал "Электронный университет ВГУ" https://edu.vsu.ru/
25	ЭУМК https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=8165

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

№ п/п	Источник
1	Практикум по ионному обмену / В.Ф. Селеменев [и др.]. Воронеж : изд-во Воронеж. ун-та, 2004. – 180 с.
2	Полянский Н.Г. Методы исследования ионитов / Н.Г. Полянский, Г.В. Горбунов, Н.Л. Полянская. М. : Химия, 1976. – 208 с.

17. Информационные технологии, используемые для реализации учебной дисциплины, включая программное обеспечение и информационно-справочные системы (при необходимости)

При реализации учебной дисциплины используются элементы электронного обучения (ЭО) и дистанционные образовательные технологии (ДОТ) в части освоения лекционного материала, проведения текущей и промежуточной аттестации, проведения части лабораторных работ и самостоятельной работы обучающихся по дисциплине, позволяющие обеспечивать опосредованное взаимодействие (на расстоянии) преподавателей и обучающихся, включая инструменты электронной информационно-образовательной среды ВГУ «Электронный университет ВГУ» (<https://edu.vsu.ru/>), проведение вебинаров, видеоконференций, взаимодействие в соцсетях, посредством электронной почты, мессенджеров. Для освоения дисциплины рекомендуется список литературы и ресурсы для электронного обучения (ЭО) (п. 15).

18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

ноутбук Dell Inspiration, мультимедийный проектор EPSON

19. Фонд оценочных средств:

По решению кафедры оценки за экзамен/зачет могут быть выставлены по результатам текущей аттестации обучающегося в семестре, но не ранее, чем на заключительном занятии. При несогласии студента с оценкой последний вправе сдавать экзамен/зачет на общих основаниях.

19.1 Перечень компетенций с указанием этапов формирования и

планируемых результатов обучения

Код и содержание компетенции (или ее части)	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенции посредством формирования знаний, умений, навыков)	Этапы формирования компетенции (разделы (темы) дисциплины или модуля и их наименование)	ФОС* (средства оценивания)
<p>ОПК-1 способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием</p>	<p>знать: -современные способы использования информационно-коммуникационных технологий в выбранной сфере деятельности;</p>	<p>Тема 1 Термодинамика ионного обмена</p>	<p>Опрос</p>
	<p>уметь: -выбирать и применять в профессиональной деятельности экспериментальные и расчетно-теоретические методы исследования;</p>		
	<p>владеть: -навыками поиска и критического анализа информации по тематике проводимых исследований; -навыками планирования научного исследования, анализа полученных результатов и формулировки выводов; - навыками представления и продвижения результатов интеллектуальной деятельности.</p>		
<p>ПК-1 Способность к самостоятельному проведению научно-исследовательской работы и получению научных результатов, удовлетворяющих установленным требованиям к содержанию диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук по научной специальности 02.00.02 аналитическая химия</p>	<p>знать: -современные методы исследования в предметной области: физико-химические методы исследования аналитической химии; -предметную область аналитической химии в соответствии с паспортом научной специальности 02.00.02 Аналитическая химия</p>	<p>Тема 2 Закономерности сорбции органических ионов. Тема 3 Равновесие в многокомпонентных системах.</p>	<p>Опрос</p>
<p>уметь: -выбрать необходимые методы исследования и обосновать их применимость для решения поставленной задачи в области аналитической химии; -сформулировать задачи научного исследования в области аналитической химии</p>			
<p>владеть: -современными методами физико-химических исследований в области аналитической химии.</p>			
<p>уметь: -анализировать тенденции в развитии химических дисциплин;</p>			

	<p>владеть: -навыками поиска и обработки научной информации с использованием химических информационных ресурсов</p>		
<p>УК-1 Способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях</p>	<p>знать: -современное состояние науки в областях химии, включая междисциплинарные направления; -методологию комплексных научных исследований в области аналитической химии, включая исследования междисциплинарного характера; -теоретические и экспериментальные подходы и методы научно-исследовательской деятельности в области аналитической химии.</p> <p>уметь: -определить возможные методологические проблемы, возникающие в ходе теоретических и экспериментальных исследований в области аналитической химии; -сформулировать цели и задачи научного исследования области аналитической химии и предложить методологию его проведения; -проектировать исследования комплексного характера на основе целостного системного научного мировоззрения.</p> <p>владеть: -навыками анализа методологических проблем, возникающих при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях; -навыками критического анализа и оценки современных научных достижений и результатов деятельности по решению исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях.</p>	<p>Тема 4 Динамика ионного обмена.</p>	<p>Опрос</p>
<p>УК-4 Готовность использовать современные методы и технологии научной коммуникации на государственном и иностранных языках</p>	<p>знать: -современные научные достижения в области химических наук и смежных междисциплинарных областей; -современные прикладные направления в предметной области знания; -современные экспериментальные и теоретические методы исследования в области химии.</p>	<p>Тема 1 Термодинамика ионного обмена Тема 2 Закономерности сорбции органических ионов Тема 3 Равновесие в многокомпонентных системах. Тема 4 Динамика</p>	<p>Опрос</p>

		ионного обмена.	
	<p>уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> -применять современные научные достижения на практике; -принимать участие в работе российских и международных исследовательских коллективов по решению научных задач; -использовать современные методы и технологии научной коммуникации на государственном и иностранном языках; -использовать экспериментальные методы исследования в области аналитической химии 		
	<p>владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> -способностью к критическому анализу и оценке современных научных достижений; -способностью самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в предметной области 		
Промежуточная аттестация			Комплект КИМ

19.2. Описание критериев и шкалы оценивания компетенций (результатов обучения) при промежуточной аттестации

Для оценивания результатов обучения на зачете используются следующие показатели (ЗУНы из 19.1):

- 1) знание предметной области аналитической химии в соответствии с паспортом научной специальности 02.00.02 Аналитическая химия;
- 2) умение сформулировать цели и задачи научного исследования в области аналитической химии и предложить методологию его проведения;
- 3) умение выбрать необходимые методы исследования и обосновать их применимость для решения поставленной задачи в области аналитической химии;
- 4) владение современными методами физико-химических исследований в области аналитической химии;
- 5) владение навыками анализа методологических проблем, возникающих при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях;

Критерии оценивания компетенций	Уровень сформированности компетенций	Шкала оценок
Аспирант отвечает на вопрос в билете, отвечает на дополнительные вопросы.	Повышенный, базовый, пороговый уровень	Зачтено
Аспирант не отвечает на вопрос в билете и на дополнительные вопросы.	–	Незачтено

19.3.1. Перечень вопросов к экзамену (зачету):

1. Строение и свойства ионообменников. Неоднородность ионитов. Существующие модели ионитов при описании ионообменных процессов.

2. Термодинамика ионного обмена. Условия термодинамического равновесия в ионообменной системе. Уравнение закона действия масс для процессов в системе ионит – раствор.

3. Химические потенциалы компонентов в системе ионит – раствор. Определение коэффициентов активности компонентов в фазе ионообменника и термодинамической константы равновесия ионного обмена. Дифференциальные термодинамические функции реакции ионообмена. Факторы, влияющие на ионообменное равновесие.

4. Некоторые закономерности сорбции органических ионов. Явление ионообменного изотермического пересыщения. Характеристики образования пересыщенных растворов в ионообменниках.

5. Модели набухания. Определение термодинамических характеристик сорбции воды ионообменниками.

6. Общие положения кинетики ионного обмена. Методы исследования кинетики массопереноса в ионообменниках.

7. Механизмы ионного обмена. Методы определения лимитирующей стадии процесса.

8. Модель ионита, как раствора электролита. Внутренняя диффузия. Решение для модели Туницкого – Гельфериха. Экспериментальная проверка модели. Внешнедиффузионная кинетика. Общее решение задачи для начальной стадии обмена.

9. Массообмен на ионитах при наличии быстрых химических реакций.

10. Динамика ионного обмена.

11. Математические модели ионообменных колонн. Влияние вида изотермы сорбции на моделирование фронта сорбции.

12. Динамика сорбции с участием органических ионов.

13. Регенерация ионообменников.

19.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Оценка знаний, умений и навыков, характеризующая этапы формирования компетенций в рамках изучения дисциплины осуществляется в ходе текущей и промежуточной аттестаций.

Текущая аттестация проводится в соответствии с Положением о текущей аттестации обучающихся по программам высшего образования Воронежского государственного университета. Текущая аттестация проводится в форме устного опроса и тестирования. Критерии оценивания приведены выше.

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

Контрольно-измерительные материалы промежуточной аттестации включают в себя теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень полученных знаний.

При оценивании используются количественные шкалы оценок. Критерии оценивания приведены выше.