

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (НИ ТГУ)

Химический факультет



УТВЕРЖДАЮ:

И.о. декана химического факультета
А.С. Князев

« 08 » апреля 20 22 г.

Рабочая программа дисциплины

Ионообменные методы в неорганической химии

по направлению подготовки

04.04.01 Химия

Направленность (профиль) подготовки:

**«Химические и физические методы исследований в экологической и
криминалистической экспертизе»**

Форма обучения

Очная

Квалификация

Магистр

Год приема

2021

Код дисциплины в учебном плане: ФТД.05

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ОП

К.А. Дычко

Председатель УМК

В.В. Хасанов

Томск – 2022

1. Цель и планируемые результаты освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

– ПК-1. Способен планировать работу и выбирать адекватные методы решения научно-исследовательских задач в выбранной области химии, химической технологии или смежных с химией науках.

– ПК-2. Способен к решению профессиональных производственных задач.

Результатами освоения дисциплины являются следующие индикаторы достижения компетенций:

ИПК-1.1. Разрабатывает стратегию научных исследований, составляет общий план и детальные планы отдельных стадий.

ИПК-1.2. Выбирает экспериментальные и расчетно-теоретические методы решения поставленной задачи, используя достижения современной химической науки, и исходя из имеющихся, материальных, информационных и временных ресурсов.

ИПК-1.3. Использует современное физико-химическое оборудование для получения и интерпретации достоверных результатов исследования в выбранной области химии, химической технологии или смежных с химией науках, применяя взаимодополняющие методы исследования.

ИПК-2.1. Анализирует имеющиеся нормативные документы по системам стандартизации, разработки и производству химической продукции и предлагает технические средства для решения поставленных задач.

ИПК-2.2. Производит оценку применимости стандартных и/или предложенных в результате НИР технологических решений на применимость с учетом специфики изучаемых процессов.

2. Задачи освоения дисциплины

– Расширить знания теоретических основ ионного обмена, необходимые для критического анализа результатов НИР и оценки перспектив их практического применения.

– Научиться проводить экспериментальные исследования свойств ионообменников.

Научиться анализировать возможности ионообменников и предлагать вариант ионообменного метода при решении конкретных практических задач неорганической химии и химического материаловедения, в том числе по очистке и разделению неорганических веществ.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к факультативным дисциплинам, предлагается обучающимся на выбор.

4. Семестр(ы) освоения и форма(ы) промежуточной аттестации по дисциплине

Третий семестр, зачет

5. Входные требования для освоения дисциплины

Для успешного освоения дисциплины студенты предварительно знакомятся с дисциплинами обязательной части профессионального блока (неорганическая, аналитическая, органическая, физическая химия и химия ВМС), а также дисциплинами обязательной части общепрофессионального блока математика. информатика.

6. Язык реализации

Русский

7. Объем дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 1 з.е., 36 часов, из которых:

-лекции: 12 ч.

-практические занятия: 20 ч.

в том числе практическая подготовка: 20 ч.

Объем самостоятельной работы студента определен учебным планом.

8. Содержание дисциплины, структурированное по темам

Тема 1. Области использования ионообменных процессов в неорганической химии.

Направление исследований по разработке новых типов сорбентов для разделения и очистки веществ.

Тема 2. Иониты и их свойства.

Классификация ионитов. Неорганические и органические иониты. Катиониты и аниониты. Полифункциональные иониты.

Тема 3. Физико-химические свойства ионитов и методы их исследования.

Полная обменная емкость, набухаемость, эффективные константы диссоциации функциональных групп ионитов.

Тема 4. Общие закономерности ионного обмена в гетерогенной системе.

Термодинамика ионообменных равновесий. Факторы, влияющие на константу равновесия. Кинетика ионного обмена. Модели процессов обмена с различным кинетическим механизмом. Динамика сорбции в неподвижном слое ионита.

Тема 5. Разделение и очистка неорганических веществ с применением ионитов.

Водоподготовка: особенности выбора ионообменников. Процессы разделения неорганических ионов. Извлечение ценных неорганических компонентов из природных вод.

9. Текущий контроль по дисциплине

Текущий контроль по дисциплине проводится путем контроля посещаемости, проведения коллоквиума и теста по лекционному материалу, выполнения домашних заданий (в письменной форме) по определенной теме дисциплины. Текущий контроль фиксируется в форме рейтинга по курсу и контрольной точки один раз в семестр.

В курсе применяется балльно-рейтинговая система. Каждый вид текущего контроля оценивается в баллах:

– коллоквиум по теоретической части курса (устный ответ на 2 вопроса) – 20 баллов;

– ответы на вопросы теста по лекционному материалу (17 вопросов с выбором ответа, продолжительность тестирования 15 минут) – 10 баллов;

– выполнение домашних заданий (2 задания) – 20 баллов (за все задания).

Суммарное число баллов текущего контроля – 50 баллов.

Студент получает допуск к промежуточной аттестации при суммарной оценке текущего контроля не менее 25 баллов (50% рейтинга).

При проведении текущего контроля проверяются знания, получаемые по ПК-1 (ИПК-1.1, ИПК-1.2, ИПК-1.3).

10. Порядок проведения и критерии оценивания промежуточной аттестации

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в форме зачета по билетам и с учетом рейтинга текущего контроля в семестре.

Билет для зачета содержит задание компетентностного характера (20 баллов), проверяющее знания, полученные по ПК-1 (ИПК-1.1), ПК-2 (ИПК-2.1, ИПК-2.2). Продолжительность подготовки ответа по билету 30 минут, ответ 20 минут.

Примерный перечень заданий:

Задание 1.

Для разработки катализаторов с высокой удельной поверхностью используются композиционные материалы в виде частиц сферической формы. Одной из стадий процесса получения композита, содержащего каталитически активные ионы (например, Fe^{3+} , Cr^{3+} , MoO_4^{2-}) является насыщение зерен ионообменников в растворе данными ионами.

1. Предложите иониты (из указанных в таблице), которые могут быть использованы для получения материала, содержащего ионы MoO_4^{2-} , учитывая рабочий диапазон pH ионитов и свойства целевых ионов:

Ионообменник	Активные группы	ПОЕ, ммоль-экв/г сухого ионита	
		по 0,1 М HCl	по 0,1 М NaOH
Анионит АВ-17-8	$[\text{N}^+(\text{CH}_3)_3]\text{Cl}^-$	3,3	-
Катионит КУ-2-8	$-\text{SO}_3\text{H}$	-	4,9
Катионит КБ-4	$-\text{COOH}$	-	8,5

Обоснуйте а) выбор ионита, б) его ионную форму и в) pH раствора для проведения сорбции. Запишите уравнение ионообменной реакции.

2. Рассчитайте массу композита-прекурсора, которую можно получить из 10 г ионита, если степень заполнения зерен сорбента ионами MoO_4^{2-} составляет 40% сорбционной обменной емкости (СОЕ). Примите, что для каждого ионита значение СОЕ составляет 0,8 ПОЕ. Концентрация ионов MoO_4^{2-} в исходном растворе - 0,01 моль/л. Какой объем этого раствора потребуется для насыщения навески сорбента молибдат-ионами в указанных условиях?

Задание 2

Для выделения ионов кобальта(II) из водно-аммиачного технологического раствора используется ионный обмен.

1. Объясните, какой из ионообменников, указанных в таблице, можно использовать для сорбции Co^{2+} ? Какими преимуществами в этом плане обладает карбоксильный катионит?

Ионообменник	Активные группы	ПОЕ, ммоль-экв/г сухого ионита	
		по 0,1 М HCl	по 0,1 М NaCl
Анионит АВ-17-8	$[\text{N}^+(\text{CH}_3)_3]\text{Cl}^-$	3,3	-
Катионит КУ-2-8	$-\text{SO}_3\text{H}$	-	4,9
Катионит КБ-4	$-\text{COOH}$	-	8,5

Запишите уравнение ионообменной реакции, учитывая рабочий диапазон pH ионита и состояние ионов кобальта(II) в технологическом растворе.

2. Какую массу карбоксильного катионита необходимо взять для того, чтобы в равновесных условиях на 99,9 % извлечь кобальт(II) из 1 м³ его водно-аммиачного раствора, содержащего 0,5 г/л Co^{2+} ? Сорбционная емкость катионита по ионам Co^{2+} составляет 5,25 ммоль-экв/г.

Критерии оценки ответов на задание:

20-17 баллов. Студент понимает проблему, обозначенную в задании, обосновывает выбор ионита и условий проведения процесса, правильно решает задачу: показывает знание понятий и умение выполнять расчеты емкости сорбента, коэффициентов

распределения ионов, степени извлечения, владеет навыками их применения при решении комбинированной задачи. В ответе на задание допускаются небольшие неточности, исправляемые студентом после вопросов преподавателя.

16-13 баллов. Студент понимает проблему, обозначенную в задании, обосновывает выбор ионита и условий проведения процесса, решает задачу: показывает знание понятий и умение выполнять расчеты емкости сорбента, коэффициентов распределения ионов, степени извлечения, владеет навыками их применения при решении комбинированной задачи, но при выполнении расчета допускает две ошибки.

12-10 баллов. Студент понимает проблему, обозначенную в задании, обосновывает выбор ионита, но не может обосновать оптимальные условия проведения процесса, решает задачу: показывает знание понятий и умение выполнять расчеты емкости сорбента, коэффициентов распределения ионов, степени извлечения, но не владеет навыками их применения при решении комбинированной задачи, допускает три существенных ошибки в расчетах.

Менее 10 баллов. Студент слабо понимает проблему, обозначенную в задании, не обосновывает выбор ионита и оптимальные условия проведения процесса, при решении задачи выполняет отдельные действия, допускает грубые ошибки в расчетах.

Для получения зачета необходимо набрать не менее 50% от общего количества баллов за ответ по билету (1 – 20 баллов).

Итоговая оценка по дисциплине выставляется после суммирования баллов за ответ по билету и текущий рейтинг в семестре:

Оценка	Задание в билете	Рейтинг текущего контроля	Суммарный рейтинг	% от общей суммы баллов
		<i>баллы</i>		
Зачтено	10-20	25-50	35-70	50
Незачтено	<10	<25	<35	<50

11. Учебно-методическое обеспечение

- а) Электронный учебный курс по дисциплине в электронном университете «Moodle» - <https://moodle.tsu.ru/course/view.php?id=26364>
- б) Оценочные материалы текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине.
- в) План практических занятий по дисциплине.
- г) Рейтинг курса.

12. Перечень учебной литературы и ресурсов сети Интернет

- а) основная литература:
 - Вергун А. П. Ионнообменная технология разделения и очистки веществ. Курс лекций: Учебное пособие / А. П. Вергун, В. Ф. Мышкин, А. В. Власов. – Томск : ТПУ, 2010. - URL: portal.tpu.ru:7777/SHARED/a/ANATOLI/Teaching/Tab/IT_Lecture.pdf
 - Нестеров Ю. В. Иониты и ионнообмен. Сорбционная технология при добыче урана и других металлов методом подземного выщелачивания. – М. : 2007. – 480 с. - URL: http://elib.biblioatom.ru/text/nesterov_ionity-i-ionoobmen_2007/go,0/
 - Вольдман Г. М. Теория гидрометаллургических процессов: Учебное пособие / Г. М. Вольдман, А. Н. Зеликман - М. : Интернет Инжиниринг, 2003. – 464 с.
 - Скворцова Л. Н. Хроматографические методы: Учебно-методическое пособие / Л. Н. Скворцова, Л. Б. Наумова. – Томск : ТГУ, 2010. – 121 с. (Доступ: библиотека ТГУ).

– Селеменев Г. В. Практикум по ионному обмену: Учебное пособие / Г. В. Селеменев, Г. В. Славинская, В. Ю. Хохлов и др. – Воронеж : ВГУ, 2004. – 160 с. - URL: <http://sun.tsu.ru/limit/2019/000656947/000656947.pdf> (Доступ: библиотека ТГУ).

– Мархол М. Ионообменники в аналитической химии: Пер. с англ. М. : Мир, 1985, т. 1 – 264 с., т. 2 – 280 с. (Доступ: библиотека ТГУ).

Гельферих Ф. Иониты. – М. : Изд-во ин. лит., 1962. – 490 с. (Доступ: библиотека ТГУ).

б) дополнительная литература:

– Inamuddin, Ahamed M., Asiri A. (eds) Applications of Ion Exchange Materials in the Environment. (2019) Springer International Publishing. DOI https://doi.org/10.1007/978-3-030-10430-6_4, Publisher Name Springer, Cham Print

– Кравченко Т. А., Калиничев А. И., Полянский Л. Н., Конев Д. В. Нанокompозиты металл-ионообменник. – М. : Наука, 2009. – 392 с. (Доступ: библиотека ТГУ).

Сенявин М. М. Ионный обмен в технологии и анализе неорганических веществ. М. : Химия, 1980. – 271 с. (Доступ: библиотека ТГУ).

в) ресурсы сети Интернет:

– открытые онлайн-курсы: <https://moodle.tsu.ru/course/view.php?id=26364>.

ионный обмен - Справочник химика 21: <https://chem21.info/in>.

13. Перечень информационных технологий

а) лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

– Microsoft Office Standart 2013 Russian: пакет программ. Включает приложения: MS Office Word, MS Office Excel, MS Office PowerPoint, MS Office OneNote, MS Office Publisher, MS Outlook, MS Office Web Apps (Word Excel MS PowerPoint Outlook);

– публично доступные облачные технологии (Google Docs, Яндекс диск и т.п.).

б) информационные справочные системы:

– Электронный каталог Научной библиотеки ТГУ – <http://chamo.lib.tsu.ru/search/query?locale=ru&theme=system>

– Электронная библиотека (репозиторий) ТГУ – <http://vital.lib.tsu.ru/vital/access/manager/Index>

– ЭБС Лань – <http://e.lanbook.com/>

– Образовательная платформа Юрайт – <https://urait.ru/>

– ЭБС ZNANIUM.com – <https://znanium.com/>

14. Материально-техническое обеспечение

Аудитории для проведения занятий лекционного типа (№ 402 6-го учебного корпуса ТГУ).

Аудитории для проведения занятий семинарского типа, индивидуальных и групповых консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (№ 404, № 406 6-го учебного корпуса ТГУ).

Лаборатории (аудитории № 404 и № 406 6-го учебного корпуса ТГУ), оборудованные вытяжными шкафами, стеклянной и фарфоровой лабораторной посудой, измерительным инструментом (весы, термометры, рН-метры, спектрофотометр). В лабораториях имеется нагревательное оборудование (электроплитки, сушильные шкафы), оборудование для фильтрации под вакуумом, встряхиватель, мешалки с магнитным приводом и другое оборудование.

15. Информация о разработчиках

Бобкова Людмила Александровна, канд. хим. наук, ст. науч. сотр., кафедра неорганической химии Национального исследовательского Томского государственного университета, доцент.