

1. Цель и планируемые результаты освоения дисциплины (модуля)

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

– ОПК-1. Способен анализировать, интерпретировать и обобщать результаты экспериментальных и расчетно-теоретических работ химической направленности.

– ОПК-2. Способен проводить химический эксперимент с использованием современного оборудования, соблюдая нормы техники безопасности.

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

Результатами освоения дисциплины являются следующие индикаторы достижения компетенций:

ИОПК-1.1. Систематизирует и анализирует результаты химических экспериментов, наблюдений, измерений, а также результаты расчетов свойств веществ и материалов.

ИОПК-1.2. Предлагает интерпретацию результатов собственных экспериментов и расчетно-теоретических работ с использованием теоретических основ традиционных и новых разделов химии.

ИОПК-1.3. Формулирует заключения и выводы по результатам анализа литературных данных, собственных экспериментальных и расчетно-теоретических работ химической направленности.

ИОПК-2.1. Работает с химическими веществами с соблюдением норм техники безопасности.

ИОПК-2.2. Использует существующие и разрабатывает новые методики получения и характеристики веществ и материалов для решения задач профессиональной деятельности.

ИОПК-2.3. Проводит исследования свойств веществ и материалов с использованием серийного научного оборудования.

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.

2. Задачи освоения дисциплины

– Знать теоретические основы функционирования твердофазных сенсорных устройств и направления их практического использования; сущность процессов, определяющих характеристики твердофазных аналитических систем;

– Прогнозировать свойства твердофазных аналитических систем в зависимости от их состава, ориентироваться в способах иммобилизации аналитических реагентов в твердую фазу и условиях проведения аналитической реакции в твердой фазе;

– Применять полученные знания на практике для создания новых сенсорных устройств для решения конкретной аналитической задачи; твердофазные аналитические методы и химические сенсоры для решения конкретных аналитических задач.

– Проводить измерения аналитического сигнала на стандартном оборудовании с использованием твердофазных аналитических систем; анализ реальных объектов на содержание различных веществ с использованием твердофазных аналитических систем; контроль качества результатов определения различных веществ в разных объектах с использованием нормативной документации по метрологии, в частности РМГ 76-2014 ГСИ. Внутренний контроль качества результатов количественного химического анализа и РМГ 61-2010 ГСИ. Показатели точности, правильности, прецизионности методик количественного химического анализа. Методы оценки.

3. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к части образовательной программы, формируемой участниками образовательных отношений, предлагается обучающимся на выбор. Дисциплина входит в модуль Аналитическая химия.

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

Семестр 8, экзамен.

5. Входные требования для освоения дисциплины

Для успешного освоения дисциплины требуются компетенции, сформированные в ходе освоения образовательных программ предшествующего уровня образования.

Для успешного освоения дисциплины требуются результаты обучения по следующим дисциплинам: неорганическая, аналитическая, органическая, физическая химия, химия высокомолекулярных соединений, коллоидная химия, статистические методы обработки результатов.

6. Язык реализации

Русский

7. Объем дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 з.е., 144 часов, из которых:

– лекции: 24 ч.;

– практические занятия: 16 ч.;

– лабораторные работы: 24 ч.

в том числе практическая подготовка: 40 ч.

Объем самостоятельной работы студента определен учебным планом.

8. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам

Тема 1. Общие принципы и преимущества твердофазных аналитических систем. Общие принципы: использование твердых носителей различного типа для прямого определения путем экстракции определяемых веществ из анализируемого объекта, иммобилизации аналитических реагентов и проведения аналитических реакций в твердой фазе, обеспечивающих получение легко измеряемого аналитического сигнала. Преимущества твердофазных аналитических методов: миниатюризация, значительное сокращение или полное исключение токсичных органических растворителей, повышение чувствительности за счет концентрирования, простота сочетания с инструментальными методами анализа, возможность автоматизации.

Тема 2. Иммобилизация аналитических реагентов. Способы иммобилизации: иммобилизация за счет физической сорбции (физическая иммобилизация), химическая иммобилизация, их преимущества и недостатки. Основные типы носителей, используемых для иммобилизации аналитических реагентов: целлюлоза, ионообменные смолы, пенополиуретаны, поливинилхлорид, нафионовые мембраны, полимерные мембраны. Химическое равновесие между иммобилизованным реагентом и определяемым веществом в растворе.

Тема 3. Твердофазная спектрометрия. Классификация твердофазных спектроскопических методов по способу измерения аналитического сигнала: твердофазная спектрофотометрия, спектроскопия диффузного отражения, твердофазная люминесценция, цветометрия. Классификация твердофазно-спектроскопических методов по способу получения окрашенного или люминесцирующего соединения в твердой фазе. Твердофазная спектрофотометрия: особенности измерения оптической плотности в твердой фазе сорбента. Спектроскопия диффузного отражения: теория Кубелки-Мунка.

основные факторы, влияющие на правильность и воспроизводимость измерения диффузного отражения. Твердофазная люминесценция: теория люминесцентной спектроскопии твердых светопоглощающих материалов. Цветометрия: цветометрические характеристики анализируемого образца: светлота, насыщенность цвета, желтизна, цветовой тон и другие; цветометрические сканер-технологии.

Тема 4. Общая характеристика химических и биологических сенсоров. Обоснование необходимости разработки сенсоров. Характеристики и основные принципы работы сенсоров. Типы трансдюсеров. Характеристика биосенсоров: биологическое распознавание молекул, иммобилизация биологических молекул.

Тема 5. Оптические химические сенсоры. Принцип действия световода на оптических волокнах. Внешний и внутренний режим работы волноводов в сенсорах. Понятие о «затухающем» свете. Конструктивные особенности. Оптические методы, используемые при внешнем режиме работы волноводов в сенсорах: измерение оптической плотности, коэффициента отражения, люминесценции. Сенсоры, основанные на спектроскопии внутреннего отражения: методы нарушенного полного внутреннего отражения, нарушенного полного внутреннего отражения с флуоресценцией и поверхностного плазмонного резонанса. Преимущества и недостатки оптических сенсоров

Тема 6. Электрохимические и микроэлектронные сенсоры. Потенциометрические химические сенсоры (ПХС). Потенциометрический метод. Основные принципы работы сенсоров (уравнение Нернста, калибровочные кривые, активность ионов, измерение концентраций, селективность, время отклика). Мембраны для сенсоров. Сенсоры со стеклянными мембранами. Сенсоры с твердыми мембранами из плохо растворимых неорганических солей (монокристаллические мембраны, мембраны из прессованного порошка и сенсорные мембраны по Пунгору). Сенсоры с полимерными мембранами. Сенсоры, основанные на иммобилизованных в мембране ферментах. Твердоконтактные электроды. Полевые транзисторы: полевой транзистор с изолированным затвором, химически чувствительные полевые транзисторы, ионоселективные полевые транзисторы, ферментные полевые транзисторы.

Вольтамперометрические (амперометрические) сенсоры. Метод вольтамперометрии и амперометрии. Кислородный датчик. Глюкозный бисенсор. Использование медиаторов. Модифицированные электроды (модифицированные угольно-пастовые электроды, полимерные электроды). Амперометрические газовые сенсоры. Печатные электроды.

Тема 5. Гравиметрические и термометрические сенсоры.

Суть пьезоэлектрического эффекта. Типы пьезоэлектрических материалов. Использование пьезоэлектрического эффекта для анализа газов и в биосенсорах. Пьезоэлектрический эффект и генерация акустических волн. Различные типы сенсоров на акустических волнах. Термометрические сенсоры. Три типа термометрических сенсоров (калориметрические, каталитические и измерители теплопроводности).

Тема 6. Применение наноматериалов в аналитической химии.

Синтез и использование наночастиц золота и серебра в спектрофотометрии. Поверхностный плазмонный резонанс наночастиц золота и серебра. Влияние размера и формы наночастиц металлов на их оптические свойства. Принципы определения низкомолекулярных органических соединений, анионов и металлов с использованием наночастиц серебра.

Тема 7. Аналитические и метрологические характеристики твердофазных аналитических методов и сенсоров. Селективность. Чувствительность: рабочий диапазон, линейный диапазон и предел обнаружения сенсора. Временные характеристики: время отклика, время регенерации и время жизни. Прецизионность, точность и воспроизводимость.

Тема 8. Будущее химических сенсоров. Сенсоры как составная часть и один из базисных элементов микроаналитических систем. Принципы построения микроаналитических систем.

9. Текущий контроль по дисциплине

Текущий контроль по дисциплине проводится путем контроля посещаемости, тестов по лекционному материалу, выполнения домашних заданий, оформление, сдача и защиты отчетов по лабораторным работам и фиксируется в форме контрольной точки в семестре.

10. Порядок проведения и критерии оценивания промежуточной аттестации

Экзамен в восьмом семестре проводится в письменной форме по билетам. Экзаменационный билет состоит из трех заданий. Продолжительность экзамена 1,5 часа. Структура экзамена соответствует компетентностной структуре дисциплине. Два задания теоретического характера носят проблемный характер и предполагают синтетические ответы в развёрнутой форме, проверяющие ИОПК 1.1., 1.2., 1.3. и ИОПК 2.1., 2.3. Третье задание практического характера направлено на оценку сформированности ИПК 1.1., 1.2. и предполагает знание методов твердофазного анализа и умение обоснованного выбора необходимого варианта для решения поставленной практической задачи.

Примерный перечень теоретических вопросов:

1. Функциональная схема химического сенсора.
2. Что такое полное внутреннее отражение?
3. Перечислите основные методы иммобилизации аналитических реагентов в твердую фазу.
4. Оптические методы анализа, которые можно сочетать с оптическими волокнами во внешнем режиме.
5. Назовите отличительные признаки сенсоров.
6. В чем состоит разница между внутренним и внешним режимом волноводов?
7. Какие преимущества сенсоров «на затухающих волнах»?
8. Что такое поверхностный плазмон? Каковы преимущества поверхностного плазмонного резонанса?
9. Твердые фазы, применяемые для иммобилизации аналитических реагентов, их преимущества и недостатки

Примеры практических заданий:

1. Выведите функцию отклика оптического сенсора в случае, в котором обнаружена кислотная форма индикатора. Изобразите ее как график $[In^-]/c_t$ относительно рН.
2. Схематически напишите уравнения реакций в ионном сенсоре, представленном на рисунке, указывая ионный перенос между раствором и фазой мембраны.



Результаты экзамена определяются оценками «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Результаты промежуточной аттестации зависят и учитывают результаты текущего контроля (результат сдачи и защиты отчетов по лабораторным работам). Для прохождения промежуточной аттестации студенту необходимо выполнить и сдать отчеты по лабораторным работам, направленным на анализ реальных объектов на содержание

различных веществ с использованием твердофазных аналитических систем. Выполнение лабораторных работ и защита отчетов по ним направлено на оценку сформированности ИОПК-1.1., 1.2., 1.3., 2.1., 2.2, 2.3., ИПК-1.1., 1.2.

11. Учебно-методическое обеспечение

а) Электронный учебный курс по дисциплине в электронном университете «Moodle» - <https://moodle.tsu.ru/course/view.php?id=30530>

б) Оценочные материалы текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине.

в) План практических и лабораторных занятий по дисциплине.

г) Методические указания по проведению лабораторных работ.

д) Методические указания по организации самостоятельной работы студентов.

12. Перечень учебной литературы и ресурсов сети Интернет

а) основная литература:

– Баника Ф. Г. Химические и биологические сенсоры: основы и применения / под ред. д.т.н., проф. В. А. Шубарева. – Москва : Техносфера, 2014. – 880 с.

– Золотов Ю. А., Иванов В. А., Амелин В. Г. Химические тест-методы анализа. М. : Едиториал УРСС, 2006. – 304 с.

– Эггинс Б. Химические и биологические сенсоры / Б. Эггинс. – М. : Техносфера, 2005. – 366 с.

– Каттралл Р. В. Химические сенсоры/ Р. Каттралл. М. : Научный мир, 2000. – 144 с.

б) дополнительная литература:

– Solid Phase Microextraction. Recent Developments and Applications, edited by G. Ouyang, R. Jiang, Springer, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-3-662-53598-1>

– Золотов Ю. А. Микрофлюидные системы для химического анализа / Ю. А. Золотов. – М. : Физматлит, 2011. – 528 с.

– Solid Phase Molecular Spectroscopy (Book Chapter 12) Handbook of Green Analytical Chemistry, edited by la Guardia, Miguel de, and Salvador Garrigues, John Wiley & Sons, Incorporated, 2012. ProQuest Ebook Central, pp 221-244 <https://ebookcentral.proquest.com/lib/tomskuniv-ebooks/detail.action?docID=860886>

в) ресурсы сети Интернет:

Интеллектуальные сенсоры <http://www.intuit.ru/studies/courses/590/446/info>

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 On-eNote, 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/>

– ЭБС Консультант студента – <http://www.studentlibrary.ru/>

- Образовательная платформа Юрайт – <https://urait.ru/>
- ЭБС ZNANIUM.com – <https://znanium.com/>
- ЭБС IPRbooks – <http://www.iprbookshop.ru/>

14. Материально-техническое обеспечение

Аудитории для проведения занятий лекционного типа.

Аудитории для проведения занятий семинарского типа, индивидуальных и групповых консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.

Помещения для самостоятельной работы, оснащенные компьютерной техникой и доступом к сети Интернет, в электронную информационно-образовательную среду и к информационным справочным системам.

Лаборатории оснащены вытяжными шкафами и необходимым оборудованием:

1. Аналитические весы;
2. Спектрофотометр UV-1800 фирмы Shimadzu, СФ-56;
3. Вольтамперометрические анализаторы

Аудитории для проведения занятий лекционного и семинарского типа индивидуальных и групповых консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации в смешанном формате («Актру»).

15. Информация о разработчиках

Гавриленко Наталия Айратовна, канд. хим. наук, доцент, кафедра аналитической химии Национального исследовательского Томского государственного университета, доцент.

Шелковников Владимир Витальевич, канд. хим. наук, доцент, кафедра аналитической химии Национального исследовательского Томского государственного университета, заведующий кафедрой