

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова
Факультет наук о материалах

УТВЕРЖДАЮ
Зам. декана ФНМ по учебной
работе
_____/А.В. Кнотько /
«__» _____ 2016 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Наименование дисциплины:

Методы анализа веществ и материалов

Уровень высшего образования:

бакалавриат

Направление подготовки:

04.03.02 Химия, физика и механика материалов

Направленность (профиль)/специализация ОПОП:

общий

Форма обучения:

очная

Рабочая программа рассмотрена и одобрена
Методической комиссией факультета наук о материалах
(протокол №_____, дата)

Москва 2016

Рабочая программа дисциплины разработана в соответствии с самостоятельно установленным МГУ образовательным стандартом (ОС МГУ) для реализуемых основных профессиональных образовательных программ высшего образования по направлению подготовки «Химия, физика и механика материалов» (программы бакалавриата, магистратуры, реализуемых последовательно по схеме интегрированной подготовки) в редакции приказа МГУ от _____20__ г.

1. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО: Базовая часть, общенаучная подготовка, модуль «Химия», курс предназначен для студентов факультета наук о материалах 2-го года обучения (4-й семестр), курс является обязательным

2. Входные требования для освоения дисциплины, предварительные условия (если есть):

Общая химия и химия элементов (с основами качественного анализа)

3. Результаты обучения по дисциплине:

Знать: основные понятия и теоретические основы современных методов химического анализа

Уметь: решать задачи, связанные с применением методов и подходов аналитической химии

Владеть: основным понятийным и практическим аппаратом аналитической химии

4. Объем дисциплины составляет 4 з.е. (144 ак.ч.)

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий:

5.1. Структура дисциплины по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий (в строгом соответствии с учебным планом)

Вид работы	Семестр				Всего
	4				
Общая трудоёмкость, акад. Часов	144				144
Аудиторная работа:	96				96
Лекции, акад. Часов	48				48
Семинары, акад. Часов	48				48
Лабораторные работы, акад. часов					
Самостоятельная работа, акад. Часов	48				48
Вид итогового контроля (зачёт, экзамен)	Экз.				

5.2. Содержание разделов (тем) дисциплины

1.Общая методология и метрологические основы химического анализа (4 часа лекции, 4 часа семинары)

Предмет и структура аналитической химии. Химический анализ. Классификация методов анализа. Виды анализа. Аналитический сигнал.

Общие характеристики анализа. Метод и методика анализа. Абсолютные и относительные методы анализа. Способы градуировочного графика, добавок и стандартов. Образцы сравнения и стандартные образцы. Выбор метода анализа. Этапы анализа.

Метрологические основы химического анализа. Погрешности измеряемых величин. Случайная и систематическая составляющая погрешности. Воспроизводимость и правильность. Случайная погрешность. Случайная величина, варианта, генеральная совокупность, выборка, функция распределения. Основные характеристики случайных величин для выборочной и генеральной совокупности. Воспроизводимость результатов анализа и методов (методик) в целом. Диапазон определяемых содержаний. Чувствительность, ее характеристики. Доверительная вероятность и доверительный интервал для выборочного среднего. Систематическая погрешность. Способы проверки и повышения правильности.

2. Типы химических реакций и процессов, используемых в методах анализа веществ и материалов (4 часа лекции, 5 часов семинары)

Основные типы химических реакций (кисотно-основные, комплексообразования, окисления-восстановления) и процессов (осаждение, экстракция, сорбция.). Описание равновесий. Идеальные и реальные системы. Общая и равновесная концентрации Термодинамические и концентрационные (реальные и условные) константы равновесий.

Скорость реакций. Факторы, влияющие на скорость. Кинетические уравнения. Катализаторы, ингибиторы. Автокаталитические реакции.

Равновесие в системе раствор – осадок, его количественные характеристики в идеальных и реальных системах. Ионная и молекулярная растворимости. Факторы, влияющие на растворимость.

Кисотно-основное равновесие. Представления о кислотах и основаниях Теория Бренстеда-Лоури. Влияние природы растворителя на силу кислот и оснований. Буферные растворы и их свойства, буферная емкость

Равновесие комплексообразования, его количественные характеристики в реальных и идеальных системах. Типы комплексных соединений, используемых в химическом анализе. Органические реагенты в химическом анализе.

Окислительно-восстановительное равновесие. Уравнение Нернста. Стандартный и реальный (формальный) потенциалы. Направление и глубина протекания реакций окисления-восстановления в идеальных и реальных системах.

3. Методы пробоотбора и пробоподготовки (2 часа лекции)

Методы отбора проб и их подготовки к анализу. Особенности отбора проб при анализе различных объектов. Представительность пробы. Основные операции пробоподготовки. Способы перевода пробы в растворенное состояние (растворение, термическое разложение, сплавление и спекание). Интенсификация пробоподготовки. Маскирование мешающих компонентов.

4. Методы концентрирования и разделения (2 часа лекции, 2 часа семинары)

Общие характеристики методов разделения и концентрирования. Классификация. Количественные характеристики (коэффициент распределения, степень извлечения, коэффициент концентрирования). Использование осаждения и соосаждения для разделения и концентрирования.

Экстракция. Константа экстракции. Условия экстракции. Типы экстрагируемых соединений. Сочетание с последующими методами определения.

Сорбция в динамических и статических условиях. Основные типы сорбентов. Сочетание с последующими методами определения.

Применение концентрирования и разделения при анализе различных объектов.

5. Методы определения

5.1. Химические методы (4 часа лекции, 7 часов семинары)

Гравиметрический метод анализа. Методы отгонки и осаждения. Схема образования осадков. Органические и неорганические осадители. Требования к осаждаемой и гравиметрической формам. Кристаллические и аморфные осадки. Особенности образования коллоидно-дисперсных систем. Гомогенное осаждение. Загрязнение осадков. Метрологические характеристики и области применения.

Титриметрические методы анализа. Требования к реакции, положенной в основу метода.

Классификация титриметрических методов и их метрологические характеристики. Эквивалент и фактор эквивалентности. Первичные и вторичные стандартные растворы. Способы индикации

конечной точки титрования. Кривые титрования, способы их расчета и построения. Скачок титрования. Точка эквивалентности и конечная точка титрования. Способы индикации конечной точки титрования. Индикаторные погрешности. Области применения титриметрических методов анализа.

Кислотно-основное титрование, кривые титрования, индикаторы, аналитические возможности. Комплексонометрическое титрование, кривые титрования, индикаторы, аналитические возможности. Окислительно-восстановительное титрование, кривые титрования, индикаторы. Основы и аналитические возможности методов дихроматометрии, иодометрии, перманганатометрии.

Кинетические методы анализа. Индикаторные реакции. Способы измерения концентраций по данным кинетических измерений. Метрологические характеристики и области применения.

6.2. Электрохимические методы (6 часов лекции, 10 часов семинары)

Электрохимические методы анализа. Классификация электрохимических методов. Измеряемые параметры и их взаимосвязь. Электрохимическая реакция. Электрохимическая ячейка: гальванический элемент, электролитическая ячейка. Индикаторные электроды и электроды сравнения, требования к ним.

Потенциометрические методы анализа. Обратимость электрохимических систем. Металлические и мембранные индикаторные электроды. Ионметрия. Уравнение Никольского.

Потенциометрическое титрование. Способы определения конечной точки титрования.

Метрологические характеристики и области применения.

Кулонометрические методы анализа. Законы Фарадея. Прямая кулонометрия и кулонометрическое титрование. Способы определения количества электричества. Химические интеграторы тока.

Способы получения электрогенерированных титрантов. Метрологические характеристики и области применения.

Вольтамперометрические методы анализа. Полярография. Условия регистрации и характеристики полярограммы. Уравнение Ильковича. Уравнение обратимой полярографической волны. Способы повышения чувствительности (осциллографическая, дифференциальная, импульсная и переменноточковая полярография, инверсионная вольтамперометрия). Амперометрическое титрование. Метрологические характеристики и области применения.

6.3. Спектроскопические методы (6 часов лекции, 8 часов семинары)

Классификация методов. Основные характеристики электромагнитного излучения.

Электромагнитный спектр. Абсорбционные и эмиссионные спектры, формы их представления.

Спектральные линии и полосы, их основные характеристики. Форма оптических спектров атомов и молекул. Методология использования спектров для качественного и количественного анализа.

Атомная эмиссионная спектроскопия. Типы атомизаторов и их назначение. Физико-химические процессы, протекающие в атомизаторе. Фотоэлектрический и фотографический способы регистрации спектров. Основные принципы качественного анализа. Количественный анализ, помехи и способы их устранения. Сравнение различных вариантов метода, их метрологические характеристики и области применения.

Атомно-абсорбционная спектроскопия. Основные типы атомизаторов: пламена различного состава, электротермические атомизаторы. Источники излучения и требования к ним.

Количественный анализ. Метрологические характеристики и области применения.

Молекулярная абсорбционная спектроскопия (спектрофотометрия) в видимой и УФ областях.

Основные типы источников излучения и монохроматоров. Закон Бугера-Ламберта-Бера и причины отклонения от него. Закон аддитивности оптических плотностей. Анализ

многокомпонентных смесей и изучение равновесий в растворах. Дифференциальная спектрофотометрия. Метрологические характеристики и области применения.

Молекулярная абсорбционная ИК спектроскопия. Источники и детекторы излучения.

Качественный и количественный молекулярный и функциональный анализ. Метрологические

характеристики метода и области применения.

Спектроскопия комбинационного рассеяния света. Сущность явления. КР- и ИК-спектры и связь между ними. Возможности метода.

Молекулярная люминесцентная спектроскопия. Механизмы флуоресценции, замедленной флуоресценции и фосфоресценции. Понятие о механизме люминесценции твердых тел. Правило Стокса-Ломмеля. Правило зеркальной симметрии. Энергетический и квантовый выходы люминесценции. Зависимость интенсивности люминесценции от концентрации вещества, причины ее отклонения от линейности. Метрологические характеристики и области применения метода. Рекомбинационная люминесценция в твердых веществах. Виды градуировочных характеристик при люминесцентном анализе твердых проб. Анализ тонких слоев. Сущность атомно-флуоресцентной спектроскопии.

6.4. Хроматографические методы (4 часа лекции)

Определение хроматографии. Классификация по агрегатному состоянию фаз, механизму удерживания и технике выполнения. Способы получения хроматограмм и характеристики хроматографических пиков. Основное уравнение хроматографии. Селективность и эффективность хроматографического разделения. Сущность теории теоретических тарелок и кинетической теории. Разрешение как фактор оптимизации хроматографического процесса. Газовая и жидкостная хроматографии, области применения.

6.5. Физические методы (6 часов лекции, 12 часов семинары)

Рентгеновская спектроскопия. Генерация рентгеновского излучения. Закон Мозли. Методы рентгеновского анализа. Закон Вульфа-Брегга. Рентгеновские спектрометры.

Рентгенофлуоресцентный анализ. Квантометры. Подготовка проб к анализу. Способы построения градуировочных зависимостей. Рентгенофлуоресцентный и распределительный локальный анализ. Метрологические характеристики и области применения.

Масс-спектральный анализ. Способы ионизации веществ и основные разновидности масс-спектрального анализа: искровая, лазерная масс-спектрометрия, масс-спектрометрия вторичных ионов, термоионизация, ионизация пучком электронов. Масс-анализаторы. Масс-спектральное разрешение и пределы обнаружения элементов. Качественный и количественный анализ.

Определение примесей в высокочистых веществах. Молекулярный масс-спектральный анализ. Виды фрагментации. Хроматомасс-спектрометрия. Метрологические характеристики и области применения.

Ядерно-физические методы анализа. Радионуклиды. Ядерные реакции. Нейтронно-активационный, гамма-активационный анализ. Активация заряженными частицами.

Мессбауэровская спектроскопия. Ядерный магнитный резонанс. Метрологические характеристики и области применения.

6.6. Методы локального анализа и анализа поверхности. (10 ч. лекции)

аналитическая электронная микроскопия, принципы растровой, просвечивающей и туннельной электронной микроскопии, рентгеноспектральный микроанализ - принципы, характеристическое и тормозное рентгеновское излучение, пределы обнаружения элементов, количественный анализ, спектроскопия характеристических потерь энергии электронов, катодолюминесцентный анализ полупроводников и диэлектриков. Оже-электронная и рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия, рентгеновская абсорбционная спектроскопия тонкой структуры края поглощения. Масс-спектральный анализ поверхности, масс-спектрометрия вторичных ионов, масс-спектрометрия распыленных нейтральных частиц, анализ непроводящих объектов методом бомбардировки быстрыми атомами, лазерная микрозондовая масс-спектрометрия, элементный и молекулярный локальный анализ с использованием лазерного излучения, лазерная десорбционная масс-спектрометрия. Ядерно-физические методы анализа

поверхности, авто-радиография, ядерный микрозонд, резерфордовская спектроскопия, спектроскопия рассеяния медленных ионов для анализа поверхностных монослоёв, рентгеноспектральный анализ с ионным возбуждением, резонансные методы анализа поверхности.

6. Фонд оценочных средств (ФОС, оценочные и методические материалы) для оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю).

6.1. Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения текущего контроля успеваемости, критерии и шкалы оценивания (в отсутствие утвержденных соответствующих локальных нормативных актов на факультете)

Вопросы для коллоквиумов:

1. Классификация методов анализа, виды анализа
2. Общие характеристики методов анализа.
3. Метрологические основы химического анализа.
4. Классификация погрешностей
5. Алгоритмы статистической обработки результатов анализа.
6. Химическое равновесие, основные законы и понятия.
7. Равновесие в системе раствор – осадок.
8. Кислотно-основное равновесие.
9. Равновесие комплексообразования.
10. Окислительно-восстановительное равновесие.
11. Отбор проб при анализе различных объектов
12. Основные операции пробоподготовки
13. Способы перевода пробы в растворенное состояние.
14. Общие характеристики методов разделения и концентрирования.
15. Экстракция
16. Сорбция.
17. Гравиметрические методы анализа.
18. Титриметрические методы анализа.
19. Кривые титрования, способы их расчета и построения.
20. Кислотно-основное титрование
21. Комплексонометрическое титрование.
22. Окислительно-восстановительное титрование.
23. Электрохимические методы анализа.
24. Потенциометрические методы анализа.
25. Кулонометрические методы анализа. .
26. Вольтамперометрические методы анализа.
27. Спектроскопические методы анализа.
28. Атомная эмиссионная спектроскопия.
29. Атомно-абсорбционная спектроскопия.
30. Молекулярная абсорбционная спектроскопия (спектрофотометрия) в видимой и УФ областях.
31. Молекулярная абсорбционная ИК спектроскопия
32. Спектроскопия комбинационного рассеяния света.
33. Молекулярная люминесцентная спектроскопия.
34. Теоретические основы хроматографических методов.
35. Газовая хроматографии.
36. Жидкостная хроматографии.
37. Физические методы анализа
38. Рентгеновская спектроскопия.
39. Масс-спектральный анализ.
40. Ядерно-физические методы анализа.

Темы контрольных работ:

1. Метрологические основы химического анализа.
2. Химическое равновесие и химические методы анализа.
3. Электрохимические методы анализа.
4. Спектроскопические методы анализа.
5. Хроматографические методы анализа.
6. Масс-спектрометрические методы анализа.

6.2. Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения промежуточной аттестации по дисциплине (модулю), критерии и шкалы оценивания (в отсутствие утвержденных соответствующих локальных нормативных актов на факультете)

Вопросы экзамена:

1. Предмет и структура аналитической химии, классификация методов анализа, виды анализа, общие характеристики анализа.
2. Метрологические основы химического анализа.
3. Химическое равновесие, основные законы и понятия.
4. Равновесие в системе раствор – осадок.
5. Кислотно-основное равновесие.
6. Равновесие комплексообразования.
7. Окислительно-восстановительное равновесие.
8. Методы пробоотбора и пробоподготовки.
9. Методы концентрирования и разделения.
10. Гравиметрические методы анализа.
11. Титриметрические методы анализа.
12. Кислотно-основное титрование
13. Комплексонометрическое титрование.
14. Окислительно-восстановительное титрование.
15. Потенциометрические методы анализа.
16. Кулонометрические методы анализа.
17. Вольтамперометрические методы анализа.
18. Атомная эмиссионная спектроскопия.
19. Атомно-абсорбционная спектроскопия
20. Молекулярная абсорбционная спектроскопия
21. Молекулярная абсорбционная ИК спектроскопия и спектроскопия комбинационного рассеяния света.
22. Молекулярная люминесцентная спектроскопия.
23. Хроматографические методы анализа
24. Рентгеновская спектроскопия.
25. Масс-спектральный анализ.
26. Ядерно-физические методы анализа.
27. Выбор рациональной схемы анализа различных веществ и материалов.

7. Ресурсное обеспечение:

7.1. Перечень основной и дополнительной литературы

Основная литература:

1. Основы аналитической химии (под ред. Ю.А. Золотова). В 2-х кн. Общие вопросы. Методы разделения. Методы химического анализа. М.: Высшая школа. 2004. Серия «Классический университетский учебник».

2. Основы аналитической химии. Задачи и вопросы. Учебное пособие для вузов. Под ред. Ю.А. Золотова. М.: Высшая школа. 2002.

Дополнительная литература

1. Отто М. Современные методы аналитической химии. В 2-х томах. / Пер. с нем. под ред А.В. Гармаша . М.: Техносфера. 2003
2. Юинг Г. Инструментальные методы химического анализа. М.: Мир, 1989
3. Скуг Д., Уэст Д. Основы аналитической химии. В 2-х т. М.: Мир, 1979, Т.1-2.
4. Будников Г.К., Майстренко В.Н., Вяселев М.Р. Основы современного электро-химического анализа. Учебное пособие для вузов. М.: Мир, 2003.
5. Фельдман Л., Майер Д. Основы анализа поверхности и тонких пленок. М.: Мир, 1989
6. Методы анализа поверхностей. / Под ред. А.Зандерны. М.: Мир, 1979.
7. Нефедов В.И., Черепин В.Т. Физические методы исследования поверхности твердых тел. М.: Наука, 1983.

7.2. Перечень лицензионного программного обеспечения, в том числе отечественного производства (подлежит обновлению при необходимости)

Не требуется

7.3. Описание материально-технического обеспечения.

аудитория с доской, компьютерный проектор

8. Соответствие результатов обучения по данному элементу ОПОП результатам освоения ОПОП указано в Общей характеристике ОПОП.

9. Разработчик (разработчики) программы.

д.х.н., проф. Е.И. Моросанова