

Учреждение образования
«Белорусский государственный технологический университет»

УТВЕРЖДЕНА

Ректором БГТУ,
профессором И.М. Жарским

19 мая 2014

Регистрационный № УД–714 / баз.

**АНАЛИТИЧЕСКАЯ ХИМИЯ
И ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ АНАЛИЗА**

**Учебная программа учреждения высшего образования по учебной
дисциплине для специальностей:**

- 1–48 01 01 Химическая технология неорганических веществ, материалов
и изделий;**
- 1–48 01 04 Технология электрохимических производств;**
- 1–48 01 05 Химическая технология переработки древесины**

2014 г

УДК [543+543.4](073)
ББК24.46я73
А 64-

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ

Кафедрой аналитической химии учреждения образования «Белорусский государственный технологический университет» (протокол № 10 от 6.05.2014 г.);

Учебно-методическим советом учреждения образования «Белорусский государственный технологический университет» (протокол № 5 от 19.05.2014 г.

СОСТАВИТЕЛИ

А.Е. Соколовский – доцент кафедры аналитической химии учреждения образования «Белорусский государственный технологический университет», кандидат химических наук, доцент

Рецензенты

И.В. Мельситова доцент кафедры аналитической химии Белорусского государственного университета; кандидат химических наук.

В.А. Ашуйко – доцент кафедры неорганической химии учреждения образования «Белорусский государственный технологический университет»; доцент, кандидат химических наук.

Ответственный за выпуск: А.Е. Соколовский

Ф- Аналитическая химия и физико-химические методы анализа: учебная программа для высших учебных заведений / сост.: А.Е. Соколовский – Минск: БГТУ, 2014. – 20 с.

УДК [543+543.4](073)

ББК24.46я73

© Учреждение образования «Белорусский государственный технологический университет», 2014

© Соколовский А.Е. 2013

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Аналитическая химия – наука, развивающая теоретические основы химического анализа веществ и материалов и разрабатывающая методы идентификации, обнаружения, разделения и определения химических элементов и их соединений, а также методы установления химического строения веществ. Методы аналитической химии (химические и физико-химические) находят широкое практическое применение в контроле технологического процесса на всех его стадиях, начиная от анализа поступающего на предприятие сырья и заканчивая контролем качества выпускаемой продукции.

Курс «Аналитическая химия и физико-химические методы анализа» обычно изучается в виде двух взаимосвязанных, но и достаточно автономных разделов: «Аналитическая химия» и «Физико-химические методы анализа».

Курс «Аналитическая химия» в химико-технологических учреждениях высшего образования в значительной степени выполняет функцию общеобразовательного раздела в ряду других фундаментальных химических дисциплин: неорганической химии, органической и физической химии. Курс «Физико-химические методы анализа» уже в большей мере должен соответствовать собственно аналитическим задачам и давать представление о современных методах анализа, наиболее широко используемых в научно-исследовательских и отраслевых прикладных лабораториях, ориентированных на решение текущих химико-технологических задач.

Физико-химические и физические методы анализа (инструментальные методы анализа) являются основными методами современной аналитической химии. В настоящее время они бурно развиваются, что обусловлено, с одной стороны, успехами аналитического приборостроения, а с другой стороны, всё возрастающими запросами практики в результате научно-технического прогресса и развития новых отраслей науки и техники. В инструментальных методах реализуется всё большее число возможных принципов анализа, появляются узкоспециализированные приборы, предназначенные для анализа конкретных продуктов, приборы для автоматического контроля химико-технологических процессов. Увеличивается число приборов, сочетающих несколько аналитических методов. В настоящее время физико-химические методы анализа эффективно используют для контроля за уровнем загрязнения объектов окружающей среды – воздушного и водного бассейнов, почвы.

Цели преподавания дисциплины:

- сформировать у будущего специалиста такую систему теоретических знаний в области аналитической химии и физико-химических методов анализа, которая позволит ему в будущей профессиональной деятельности выбрать и обосновать оптимальный способ решения конкретной аналитической задачи в своей отрасли;
- обучить будущего специалиста практическим навыкам и умениям в области аналитической химии и физико-химических методов анализа, которые

позволят ему при необходимости выполнить конкретную аналитическую задачу в своей отрасли.

Задачи изучения дисциплины:

- обеспечить общенаучную подготовку будущих специалистов по аналитической химии и физико-химическим методам анализа в плане непрерывной химической подготовки с учётом будущей специальности;
- ознакомить студентов с классическими и инструментальными методами химического анализа, их теоретическими основами, аналитическими возможностями, химико-аналитическими приборами и оборудованием, использованием результатов измерений и наблюдений для целей качественного и количественного анализа различных объектов;
- показать значение различных методов аналитической химии в будущей профессиональной деятельности и применение классических и инструментальных методов для решения научных и производственных задач отрасли.

Студенты после изучения дисциплины, должны

знать:

– теоретические основы и аналитические возможности химических, электрохимических, хроматографических, спектроскопических и других оптических методов анализа;

– сущность химических и физико-химических методов разделения и концентрирования;

– принципы выбора метода анализа применительно к конкретному анализируемому объекту.

уметь:

– проводить идентификацию и определение веществ с использованием химических, физических и физико-химических (инструментальных) методов анализа;

– проводить математическую и графическую обработку полученных результатов с целью получения информации о качественном и количественном составе объекта анализа;

– выбирать метод анализа применительно к конкретному анализируемому объекту.

владеть:

методикой проведения химических анализов в соответствии с направлениями специальностей.

Требования к компетентности специалиста

Академические компетенции.

специалист должен:

– Уметь применять базовые научно-технические знания для решения теоретических и практических задач.

– Владеть системным и сравнительным анализом.

- Владеть исследовательскими навыками.
- Уметь работать самостоятельно.
- Быть способным порождать новые идеи.
- Владеть междисциплинарным подходом при решении проблем.
- Иметь навыки, связанные с использованием технических устройств, управлением информацией и работой с компьютером.
- обладать навыками устной и письменной коммуникации.
- Уметь создавать и использовать в своей деятельности объекты интеллектуальной собственностью.

Социально-личностные компетенции.

специалист должен:

- Обладать качествами гражданственности.
- Быть способным к социальному взаимодействию.
- Обладать способностью к межличностным коммуникациям.
- Владеть навыками здравосбережения.
- Быть способным к критике и самокритике.
- Уметь работать в команде.
- Уметь находить правильные решения в условиях чрезвычайных ситуаций на предприятиях.

Профессионально-личностные компетенции.

специалист должен быть способен:

- Работать с научной, нормативно-справочной и специальной литературой.
- Оформлять отчеты о научных исследованиях, готовить научные публикации, доклады и заявки на выдачу охранных документов на объекты интеллектуальной собственности.

Учебный план специальности 1–48 01 01 «Химическая технология неорганических веществ, материалов и изделий» предусматривают для изучения дисциплины 192 часов, из них аудиторных – 118 часа, в том числе: лекций – 34 лабораторных занятий – 84.

Учебный план специальности 1–48 01 04 «Технология электрохимических производств» предусматривают для изучения дисциплины 291 часов, из них аудиторных – 140 часа, в том числе: лекций – 36, лабораторных занятий – 104.

Учебный план специальности 1–48 01 05 «Химическая технология переработки древесины» предусматривает для изучения дисциплины 240 часов, из них аудиторных – 141 часов, в том числе: лекций – 34, лабораторных занятий – 107.

Форма контроля – 2 зачета.

ПРИМЕРНЫЙ ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН

№ раз- дела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов:					
		лекции			лабораторные заня- тия		
		1-48 01 01	1-48 01 05	1-48 01 04	1-48 01 01	1-48 01 04	1-48 01 05
1	Введение	1		1			
2	Общие теоретические основы аналитической химии	3		3			
2.1	Общие вопросы теории раство- ров	0.5		0.5			
2.2	Основные типы химических ре- акций, используемых в анали- тической химии	2		2			
2.3	Органические аналитические реагенты	0.5		0,5			
3	Химические методы разделе- ния и обнаружения	2		2	8	12	
3.1	Общие вопросы качественного анализа	1		1			
3.2	Методы разделения и обнару- жения ионов, имеющих наи- большее значение в химической технологии	1		1	8	8	
3.3	Анализ неизвестного вещества					4	
4	Химические методы количе- ственного анализа	10		10	26	40	35
4.1	Общие вопросы количественно- го анализа	1		1			
4.2	Гравиметрический метод анали- за	1		1	4	8	8
4.3	Титриметрические методы ана- лиза	8		8	22	32	27
5	Физические и физико- химические (инструменталь- ные) методы анализа	14		14	42	44	60

№ раз-дела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов:					
		лекции		лабораторные занятия			
		1-48 01 01	1-48 01 05	1-48 01 04	1-48 01 01	1-48 01 04	1-48 01 05
5.1	Общие вопросы	1		1			
5.2	Электрохимические методы анализа	7		7	22	22	30
5.3	Спектроскопические и другие оптические методы анализа	7		7	21	22	30
6	Методы разделения и концен-трирования	4		4	8	8	12
6.1	Общие вопросы	1		1			
6.2	Методы разделения и концен-трирования, основанные на од-нократном распределении ве-щества между двумя фазами	1		1	4	4	4
6.3	Хроматографические методы анализа:	2		2	4	4	8
7.	Анализ электролитов			2			
7.1	Методы анализа наиболее ши-роко применяемых электроли-тов			2			
	ВСЕГО:	34		36	84	104	107

СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

1. ВВЕДЕНИЕ

Предмет аналитической химии. Значение аналитической химии. Клас-сификация методов аналитической химии: методы разделения, методы обна-ружения и методы определения (химические и инструментальные). Цели и задачи методов.

Общая схема аналитического определения. Выбор метода анализа. От-бор пробы и пробоподготовка.

Метрологические основы аналитической химии. Статистическая обработка результатов анализа.

Аналитический контроль технологических процессов. Автоматизация и компьютеризация аналитических определений.

2. ОБЩИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ АНАЛИТИЧЕСКОЙ ХИМИИ

2.1. Общие вопросы теории растворов

Раствор как среда для проведения аналитических реакций. Влияние физико-химических характеристик растворителя на химико-аналитические свойства ионов. Основы теории сильных электролитов. Активность, коэффициент активности, ионная сила растворов.

2.2. Основные типы химических реакций, используемых в аналитической химии

Кислотно-основное равновесие. Равновесие в водных растворах кислот, оснований и амфолитов. Буферные растворы, их состав и свойства. Расчёт рН протолитических систем на основе теории Бренстеда-Лоури. Применение реакций кислотно-основного взаимодействия в аналитической химии. Значение буферных систем в химическом анализе.

Окислительно-восстановительное равновесие. Сопряжённая окислительно-восстановительная пара. Окислительно-восстановительный потенциал и факторы, влияющие на его значение. Окислительно-восстановительные реакции, их константа равновесия, направление и скорость. Автокаталитические и индуцированные реакции, их роль в химическом анализе. Применение реакций окисления-восстановления в аналитической химии.

Равновесие комплексообразования. Строение и свойства комплексных соединений. Полидентантные лиганды, хелатные комплексы, хелатный эффект. Равновесия в растворах комплексных соединений, константы устойчивости комплексных ионов. Использование реакций комплексообразования в аналитической химии.

Равновесие в системе осадок-раствор. Гетерогенное химическое равновесие в растворах малорастворимых электролитов. Правило произведения растворимости и его использование в аналитической химии. Константа растворимости (произведение активностей). Факторы, влияющие на растворимость малорастворимых соединений: солевой эффект, влияние одноимённых ионов и конкурирующих реакций. Использование гетерогенных систем в аналитических целях.

2.3. Органические аналитические реагенты

Особенности органических аналитических реагентов: высокая чувствительность и избирательность действия. Применение органических аналитических реагентов в анализе.

3. ХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ РАЗДЕЛЕНИЯ И ОБНАРУЖЕНИЯ

3.1. Общие вопросы качественного анализа

Цели и задачи качественного анализа. Классификация методов качественного анализа в зависимости от величины пробы. Техника эксперимента: качественные пробирочные, капельные и микрокристаллоскопические реакции.

Аналитический эффект. Аналитические химические реакции и условия их проведения. Общие, групповые и характерные (селективные и специфические) реакции.

Аналитические классификации катионов и анионов. Аналитические группы ионов и Периодический закон Д.И. Менделеева. Систематический и дробный качественный анализ.

Использование реакций осаждения, комплексообразования, кислотно-основных и окислительно-восстановительных реакций в качественном анализе. Органические аналитические реагенты, их преимущества и применение в качественном анализе.

3.2. Методы разделения и обнаружения ионов, имеющих наибольшее значение в химической технологии

I аналитическая группа катионов. Общая характеристика. Характерные реакции ионов Na^+ , K^+ , NH_4^+ и Mg^{2+} . Методы разложения и удаления солей аммония. Систематический ход анализа смеси катионов I группы.

II аналитическая группа катионов. Общая характеристика, групповой реагент. Характерные реакции ионов Ca^{2+} и Ba^{2+} . Оптимальные условия осаждения катионов II группы. Систематический ход анализа смеси катионов II группы и смеси катионов I–II групп.

III аналитическая группа катионов. Общая характеристика, групповой реагент. Характерные реакции ионов Al^{3+} , Cr^{3+} , Fe^{3+} , Fe^{2+} , Mn^{2+} и Zn^{2+} . Оптимальные условия осаждения катионов III группы. Систематический ход анализа смеси катионов III группы и смеси катионов I–III групп.

I аналитическая группа анионов. Общая характеристика, групповой реагент. Характерные реакции ионов CO_3^{2-} , SO_4^{2-} , PO_4^{3-} .

II аналитическая группа анионов. Общая характеристика, групповой реагент. Характерные реакции ионов Cl^- , Br^- .

III аналитическая группа анионов. Общая характеристика. Характерные реакции ионов NO_2^- , NO_3^- . Анализ смеси анионов I–III групп.

3.3. Анализ неизвестного вещества

Основные этапы проведения качественного химического анализа: подготовка вещества к анализу, отбор средней пробы, растворение твёрдых веществ, предварительные испытания, анализ катионов и анионов.

4. ХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ КОЛИЧЕСТВЕННОГО АНАЛИЗА

4.1. Общие вопросы количественного анализа

Цели и задачи количественного анализа. Классификация химических методов количественного анализа. Требования к точности измерений и точ-

ности вычислений в количественном анализе. Метрологические характеристики химических методов количественного анализа.

4.2. Гравиметрический метод анализа

Сущность и основные операции метода. Классификация гравиметрических методов анализа – методы осаждения, прямые и косвенные методы отгонки, методы выделения. Аналитические возможности, достоинства и недостатки гравиметрического метода анализа.

Общая схема аналитического определения по методу осаждения. Осаждаемая и гравиметрическая форма, требования к ним. Неорганические и органические осадители, требования к ним. Выбор осадителя и расчёт его количества. Расчёт результатов гравиметрического определения.

Кристаллические и аморфные осадки, механизм их образования и оптимальные условия получения. Процессы коагуляции и пептизации при образовании осадков. Основные причины загрязнения осадков. Соосаждение, его роль в химическом анализе. Типы соосаждения. Способы уменьшения соосаждения и очистки осадков от соосаждённых примесей. Осаждение с коллектором как эффективный способ концентрирования микроколичеств веществ.

4.3. Титриметрические методы анализа

Сущность и основные операции метода. Классификация титриметрических методов анализа. Требования к реакциям, которые используются в титриметрии. Точка эквивалентности (стехиометричности). Закон эквивалентов. Конечная точка титрования и её фиксирование.

Общая схема титриметрического анализа. Стандартные растворы, их виды и способы приготовления. Способы выражения концентрации стандартных растворов (молярная концентрация, молярная концентрация эквивалента, массовая концентрация, титр, титр по определяемому веществу). Расчёты, связанные с приготовлением стандартных растворов.

Способы титрования: прямое титрование, обратное титрование, титрование заместителя. Расчёт результатов титриметрического определения.

Метод кислотно-основного титрования. Сущность метода, его общая характеристика. Аналитические возможности, достоинства и недостатки метода. Стандартные растворы, их приготовление, стандартизация и условия хранения.

Кислотно-основные индикаторы. Теория индикаторов, основное уравнение теории индикаторов. Основные количественные характеристики индикаторов: интервал перехода, показатель титрования.

Кривые кислотно-основного титрования, их расчёт и прогнозирование. Факторы, влияющие на величину скачка. Кривые титрования сильных и слабых кислот основаниями, сильных и слабых оснований кислотами. Кривые титрования солей слабых кислот и солей слабых оснований. Кривые титрования многоосновных кислот. Кривые титрования смесей кислот и смесей

оснований. Правило выбора индикатора. Индикаторные ошибки титрования.

Методы окислительно-восстановительного титрования. Сущность, общая характеристика и классификация методов окислительно-восстановительного титрования. Требования к окислительно-восстановительным реакциям, которые применяются в титриметрии. Расчёт факторов эквивалентности веществ, участвующих в окислительно-восстановительных реакциях.

Кривые окислительно-восстановительного титрования. Факторы, влияющие на величину скачка. Способы фиксирования конечной точки титрования. Безындикаторное титрование. Окислительно-восстановительные индикаторы, механизм их действия, интервал перехода. Правило выбора индикатора.

Перманганатометрия. Сущность и основные реакции метода. Стандартные и вспомогательные растворы метода, их приготовление, стандартизация и условия хранения. Фиксирование конечной точки титрования. Условия проведения перманганатометрических определений. Аналитические возможности, достоинства и недостатки перманганатометрического метода анализа.

Иодометрия. Сущность и основные реакции метода. Стандартные и вспомогательные растворы метода, их приготовление, стандартизация и условия хранения. Фиксирование конечной точки титрования. Условия проведения иодометрических определений. Аналитические возможности, достоинства и недостатки иодометрического метода анализа.

Методы комплексометрического титрования. Сущность, общая характеристика и классификация методов комплексометрического титрования. Требования к реакциям комплексообразования, которые применяются в титриметрии.

Комплексонометрия. Сущность метода. Комплексоны, их строение и свойства. Реакции взаимодействия комплексонов с ионами металлов, их стехиометрия. Побочные реакции, влияющие на равновесие образования комплексонов.

Кривые комплексометрического титрования. Факторы, влияющие на величину скачка. Способы фиксирования конечной точки титрования в комплексонометрии. Металлохромные индикаторы, механизм их действия, интервал перехода и правило выбора.

Стандартные и вспомогательные растворы метода, их приготовление, стандартизация и условия хранения. Условия проведения комплексонометрических определений. Аналитические возможности и достоинства метода комплексонометрического титрования.

Методы осадительного титрования. Сущность, общая характеристика и классификация методов осадительного титрования. Представление об основных методах, кривых титрования, индикаторах, стандартных и вспомогательных растворах. Аналитические возможности, достоинства и недостатки

методов осадительного титрования.

5. ФИЗИЧЕСКИЕ И ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ (ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ) МЕТОДЫ АНАЛИЗА

5.1. Общие вопросы

Различия между химическими, физическими и физико-химическими методами анализа. Особенности и преимущества инструментальных методов анализа. Классификация инструментальных методов анализа. Значение инструментальных методов анализа в современной науке и химической технологии.

Аналитический сигнал, его получение и измерение. Составляющие аналитического сигнала (значимые, мешающие и шумовые сигналы). Аналитический сигнал фона, холостая проба. Зависимость между аналитическим сигналом и концентрацией определяемого компонента (уравнение связи). Приёмы определения неизвестной концентрации компонента в инструментальных методах анализа: методы градуировочного графика, стандартов, добавок и инструментальное титрование. Сущность и условия применимости каждого приёма.

Метрологические характеристики инструментальных методов анализа.

5.2. Электрохимические методы анализа

Классификация электрохимических методов анализа.

Кондуктометрические методы анализа. Сущность и классификация кондуктометрических методов анализа: прямая кондуктометрия и кондуктометрическое титрование. Аналитические возможности и метрологические характеристики методов.

Удельная электрическая проводимость как аналитический сигнал, факторы, влияющие на величину сигнала. Зависимость удельной электрической проводимости от концентрации, причины отклонения от линейной зависимости в области больших концентраций. Эквивалентная электрическая проводимость, факторы, влияющие на её величину. Подвижность ионов, уравнение Кольрауша.

Измерение аналитического сигнала. Кондуктометрическая ячейка и измерительные приборы. Современные кондуктометры и кондуктометрические датчики.

Прямая кондуктометрия: сущность метода, приёмы нахождения неизвестной концентрации, применение для целей анализа.

Кондуктометрическое титрование: сущность метода, кривые титрования индивидуальных веществ и смесей для реакций кислотно-основного взаимодействия, осаждения, комплексообразования. Факторы, влияющие на чёткость излома кривых титрования в каждом случае.

Потенциометрические методы анализа. Сущность и классификация потенциометрических методов анализа: прямая потенциометрия (иономет-

рия) и потенциометрическое титрование. Аналитические возможности и метрологические характеристики методов.

Измерение аналитического сигнала. Индикаторные электроды и электроды сравнения, требования к ним. Измерительные приборы. Современные ионометры, рН-метры, милливольтметры. Современные электродные системы (потенциометрические датчики, комбинированные электроды).

Классификация электродов в зависимости от принципа работы: электронообменные (металлические) и ионообменные (мембранные, ионоселективные) электроды, уравнения Нернста для них.

Ионометрия. Ионоселективные электроды, зависимость их потенциала от активности определяемых ионов в отсутствие и в присутствии мешающих ионов, уравнение Никольского. Основные характеристики ионоселективных электродов, потенциометрический коэффициент селективности. Методы определения концентрации ионов с использованием ионоселективных электродов.

Потенциометрическое титрование: сущность метода, кривые титрования индивидуальных веществ и смесей. Графические способы определения конечной точки титрования. Выбор системы электродов для проведения потенциометрического титрования с использованием кислотно-основных и окислительно-восстановительных реакций, реакций осаждения и комплексообразования.

Электрогравиметрия и кулонометрия. Сущность методов, их аналитические возможности и метрологические характеристики. Применение закона Фарадея в электрогравиметрии и кулонометрии. Виды кулонометрического анализа: прямая кулонометрия и кулонометрическое титрование. Способы индикации конечной точки титрования при кулонометрическом титровании. Понятие о современных кулонометрических титраторах.

Вольтамперометрические методы анализа. Сущность и классификация вольтамперометрических методов анализа. Аналитические возможности и метрологические характеристики методов.

Электролитическая ячейка и измерительные приборы. Поляризация электродов, требования к электродам. Жидкие и твёрдые рабочие электроды, понятие о современных видах рабочих электродов (вращающиеся дисковые, модифицированные, ртутно-графитовые электроды *in situ* и др.). Современные приборы для вольтамперометрического анализа – полярографы, вольтамперометрические анализаторы.

Вольтамперная зависимость (полярограмма, полярографическая волна). Остаточный, диффузионный и предельный диффузионный токи. Зависимость предельного диффузионного тока от концентрации. Основные характеристики волны – потенциал полуволны и высота волны, их использование для целей качественного и количественного анализа. Уравнение Гейровского, его

применение в анализе. Условия получения волны. Миграционный и конвекционный токи, их подавление.

Приёмы нахождения неизвестной концентрации в вольтамперометрии. Амперометрическое титрование.

Инверсионная вольтамперометрия. Сущность и особенности метода, его аналитические возможности и метрологические характеристики. Основные этапы инверсионно-вольтамперометрического определения. Вольтамперная зависимость, её основные характеристики – потенциал пика и высота (глубина) пика, их использование для целей качественного и количественного анализа.

5.3. Спектроскопические и другие оптические методы анализа

Классификация спектроскопических и других оптических методов анализа в зависимости от спектрального диапазона, в котором измеряют величину аналитического сигнала, и в зависимости от явлений, которые происходят при взаимодействии света с веществом.

Атомная спектроскопия в ультрафиолетовой и видимой областях. Теоретические основы метода. Законы испускания и поглощения электромагнитного излучения атомами. Способы атомизации пробы и возбуждения атомов.

Эмиссионная фотометрия пламени. Сущность метода, его аналитические возможности и метрологические характеристики. Эмиссионные спектры, их происхождение, получение и регистрация. Основные характеристики линий эмиссионного спектра, их использование для качественного и количественного анализа. Резонансные спектральные линии, их значение в анализе. Процессы, протекающие в пламени при распылении в нём исследуемого раствора. Возбуждение частиц в пламени, распределение Больцмана. Зависимость интенсивности излучения от концентрации элемента в растворе, причины отклонения от линейности. Влияние различных факторов на результаты пламенно-фотометрических определений. Мешающее влияние катионов и анионов. Приёмы определения неизвестной концентрации. Основные узлы и общий принцип работы приборов эмиссионной фотометрии пламени. Пламя как источник возбуждения и атомизатор, его характеристики (температура, состав).

Атомно-абсорбционная спектроскопия. Теоретические основы и аналитические возможности метода.

Абсорбционная спектроскопия в ультрафиолетовой и видимой областях. Электронные спектры поглощения, их происхождение, получение и регистрация. Основные характеристики полос поглощения, их использование для качественного и количественного анализа. Основные величины, характеризующие светопоглощение. Закон Бугера-Ламберта-Бера, условия его применимости, причины отклонений от него. Закон аддитивности светопоглощения.

Фотоколориметрия и спектрофотометрия: сущность, аналитические возможности и метрологические характеристики методов. Основные этапы фотометрического определения. Фотометрические реакции и фотометрические реагенты. Выбор условий фотометрического определения (длина волны, толщина поглощающего слоя). Оптимальный интервал значений светопоглощения.

Прямые и косвенные приёмы определения неизвестной концентрации. Фотометрическое титрование, виды кривых титрования. Определение светопоглощающих веществ в смеси. Представление об экстракционно-фотометрических методах анализа.

Приборы абсорбционной спектроскопии – фотоколориметры, спектрофотометры, абсорбиометры. Основные узлы и общий принцип работы. Источники света различных областей спектра, монохроматизаторы (призмы, дифракционные решётки, светофильтры), кюветы, приёмники света. Элементная база современных приборов абсорбционной спектроскопии.

Люминисцентный анализ. Спектры люминисценции. Закон Стокса-Ломмеля. Энергетический и квантовый выход люминисценции. Интенсивность люминисценции. Приборы для люминисцентного анализа. Качественный анализ. Количественный анализ. Аналитические возможности и метрологические характеристики люминисцентного метода анализа.

Нефелометрия и турбидиметрия. Сущность методов, их аналитические возможности и метрологические характеристики.

Взаимодействие света со взвешенными частицами. Закон Рэлея. Зависимость аналитического сигнала от концентрации вещества в нефелометрии и турбидиметрии. Условия проведения нефелометрических и турбидиметрических измерений. Приёмы определения неизвестной концентрации.

Приборы для нефелометрических и турбидиметрических измерений – нефелометры, мутномеры, турбидиметры, фотоколориметры, спектрофотометры, абсорбиометры. Основные узлы и общий принцип работы.

Рефрактометрия. Сущность метода, его аналитические возможности и метрологические характеристики.

Показатель преломления как аналитический сигнал, факторы, влияющие на величину сигнала. Условия проведения рефрактометрических измерений. Удельная и молярная рефракция. Формула Лоренца-Лорентца и правило аддитивности рефракции, их использование для анализа бинарных смесей.

Рефрактометры. Основные узлы и общий принцип работы. Предельный угол преломления и его значение при измерении АС. Специализированные рефрактометры, шкала Брикса. Современные рефрактометры для проведения экспресс-анализа, их элементная база.

6. МЕТОДЫ РАЗДЕЛЕНИЯ И КОНЦЕНТРИРОВАНИЯ

6.1. Общие вопросы

Сущность, задачи и основные количественные характеристики методов разделения и концентрирования. Константа и коэффициент распределения, степень извлечения. Классификация методов разделения и концентрирования.

6.2. Методы разделения и концентрирования, основанные на однократном распределении вещества между двумя фазами

Экстракция. Сущность экстракции и её применение в анализе. Экстракционное равновесие. Скорость экстракции. Условия проведения экстракции.

Сорбционные методы. Сущность сорбционных методов и их применение в анализе. Классификация сорбционных методов по механизму взаимодействия вещества с сорбентом. Органические и неорганические сорбенты.

Ионный обмен. Сущность ионного обмена и его применение в анализе. Иониты, их классификация. Строение ионитов. Ионообменное равновесие. Закономерности ионного обмена. Обменная ёмкость ионитов, её виды. Факторы, влияющие на обменную ёмкость.

6.3. Хроматографические методы анализа

Хроматографические методы анализа, их сущность, особенности и аналитические возможности. Основы процесса хроматографического разделения. Классификация хроматографических методов. Подвижные и неподвижные фазы в хроматографии. Хроматограмма, хроматографические параметры и их использование для целей качественного и количественного анализа.

Газовая хроматография. Сущность метода, его разновидности. Теоретические основы и аналитические возможности газожидкостной и газоадсорбционной хроматографии. Параметры удерживания. Параметры разделения. Основные узлы и принцип действия газовых хроматографов. Условия проведения эксперимента, выбор оптимальных условий хроматографирования. Методы идентификации и определения компонентов пробы в газовой хроматографии.

Жидкостная хроматография. Сущность и аналитические возможности метода. Основные узлы и принцип действия жидкостных хроматографов. Высокоэффективная жидкостная хроматография в адсорбционном и ионообменном вариантах.

ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА ЛАБОРАТОРНЫХ ЗАНЯТИЙ

Химические методы анализа

Элементы качественного анализа.

1. Анализ смеси катионов I и II групп.
2. Анализ смеси катионов III группы.
3. Анализ смеси анионов.
4. Анализ смеси сухих солей.

Гравиметрия.

5. Определение железа (III).
Кислотно-основное титрование.
6. Приготовление и стандартизация рабочих растворов метода кислотно-основного титрования.
7. Определение кислот и оснований, в том числе в смеси.
8. Определение солей, в том числе в смеси.
9. Определение солей аммония методом обратного титрования.
Перманганатометрия.
10. Приготовление и стандартизация рабочего раствора KMnO_4 .
11. Перманганатометрическое определение восстановителей.
Иодометрия.
12. Приготовление и стандартизация рабочего раствора $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$.
13. Иодометрическое определение окислителей.
Комплексонометрия
14. Приготовление и стандартизация рабочего раствора ЭДТА.
15. Комплексонометрическое определение катионов, в том числе в смеси.
16. Определение общей жёсткости воды.

Инструментальные методы анализа

1. Определение кислот, оснований, солей методом *кондуктометрического титрования*, в том числе отдельное определение компонентов в смеси.
2. Определение кислот, оснований, солей методом *потенциометрического титрования* в водных и неводных растворах, в том числе отдельное определение компонентов в смеси, с использованием реакций комплексообразования, осаждения, окислительно-восстановительного и кислотно-основного взаимодействия.
3. *Ионометрическое определение* катионов или анионов, в том числе отдельное определение компонентов в смеси.
4. *Вольтамперометрическое определение* электроактивных веществ, в том числе отдельное определение компонентов в смеси.
5. *Инверсионно-вольтамперометрическое определение* микроколичеств электроактивных веществ, в том числе отдельное определение компонентов в смеси.
6. *Фотометрическое определение* различных веществ, в том числе отдельное определение компонентов бинарных смесей.
7. Определение ионов методом *фотометрического титрования*, в том числе отдельное определение компонентов в смеси.
8. Определение катионов или органических соединений *люминисцентным методом анализа*.
9. *Турбидиметрическое и нефелометрическое определение* катионов и анионов.

10. Определение ионов щелочных и щелочноземельных металлов методом *эмиссионной фотометрии пламени*, в том числе отдельное определение компонентов в смеси.
11. *Рефрактометрическое определение* различных веществ, в том числе отдельное определение компонентов бинарных смесей.
12. Определение полной динамической *обменной ёмкости* сильнокислотного катионита.
13. *Ионообменное разделение и определение* одной или нескольких солей в растворе на *катионитах*. Определение общей солевой концентрации раствора.
14. *Ионообменное разделение и определение* одной или нескольких солей на *анионитах*.
15. *Газохроматографическое определение* органических веществ в многокомпонентных смесях с использованием методов внутренней нормализации и внутреннего стандарта.

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

1.Рекомендуемый диагностический инструментарий

Устная форма:

- Собеседования;
- Коллоквиумы.

–Письменная форма

- Тесты;
- Контрольные опросы;
- Письменные отчеты по аудиторным (домашним) практическим упражнениям;
- Письменные отчеты по лабораторным работам;
- Письменные зачеты.

–Устно-письменная форма

- Отчеты по аудиторным практическим упражнениям с их устной защитой;
- Отчеты по домашним практическим упражнениям с их устной защитой;
- Отчеты по лабораторным работам с их устной защитой;
- Зачеты.

–Техническая форма диагностики

- Электронные тесты.

2.Методические рекомендации по организации самостоятельной работы студентов

- аудиторная самостоятельная работа*
- Конспектирование лекций;
- Вопросы на лекциях;

- Выполнение лабораторных работ и составление отчетов по ним.
- Внеаудиторная самостоятельная работа*
- Проработка конспекта лекции;
- Дополнение конспекта рекомендованной литературой;
- Проработка литературы дома или в читальном зале;
- Проработка электронных источников в читальном зале или дома на собственном компьютере;
- Поиск литературы в Интернете и ее проработка.

3.Рекомендуемая литература

Основная

- 1.Васильев В.П. Аналитическая химия. В 2 кн. Кн. 1. Титриметрические и гравиметрические методы анализа: Учеб. для студ. вузов, обучающихся по химико-технол. спец. – М.: Дрофа, 2002. – 368 с.
2. Васильев В.П. Аналитическая химия. В 2 кн. Кн. 2. Физико-химические методы анализа: Учеб. для студ. вузов, обучающихся по химико-технол. спец. – М.: Дрофа, 2002. – 384 с.
3. Васильев В.П., Морозова Р.П., Кочергина Л.А. Аналитическая химия. Лабораторный практикум: Пособие для вузов. – М.: Дрофа, 2004. – 416 с.
4. Васильев В.П., Кочергина Л.А., Орлова Т.Д. Аналитическая химия. Сборник вопросов, упражнений и задач: Пособие для вузов. – М.: Дрофа, 2003. – 320 с.
5. Аналитическая химия. Химические методы анализа / Под ред. О.М. Петрухина. – М.: Химия, 1993. – 400 с.
6. Аналитическая химия. Физические и физико-химические методы анализа: Учебник для вузов / Под ред. О.М. Петрухина. – М.: Химия, 2001. – 496 с.
7. Основы аналитической химии. В 2 кн. Кн. 1. Общие вопросы. Методы разделения: Учеб. для вузов / Под ред. Ю.А. Золотова. – М.: Высш. школа, 2000. – 351 с.
8. Основы аналитической химии. В 2 кн. Кн. 2. Методы химического анализа: Учеб. для вузов / Под ред. Ю.А. Золотова. – М.: Высш. школа, 2000. – 494 с.
9. Основы аналитической химии. Практическое руководство: Учеб. пособие для вузов / Под ред. Ю.А. Золотова. – М.: Высш. школа, 2001. – 463 с.
- 10.Основы аналитической химии. Задачи и вопросы: Учеб. пособие для вузов / Под ред. Ю.А. Золотова. – М.: Высш. школа, 2002. – 412 с.

Дополнительная

1. Отто М. Современные методы аналитической химии. – М.: Техносфера, 2006. – 545 с.
2. Будников Г.К., Майстренко В.Н., Вяселев М.Р. Основы современного электрохимического анализа. – М.: Мир: Бином ЛЗ, 2003. – 592 с.

Учебное издание

**АНАЛИТИЧЕСКАЯ ХИМИЯ И ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ
МЕТОДЫ АНАЛИЗА**

Учебная программа для высших учебных заведений

Составители: **Соколовский** Александр Евгеньевич.

Ответственный за выпуск Соколовский А.Е.

Подписано в печать **30.11.2013**. Формат 60x84'/₁₆.

Бумага офсетная. Гарнитура Таймс. Печать офсетная.

Усл. печ. л. 1,25. Уч.-изд. л. 1,3.

Тираж 8 экз. Заказ .

Учреждения образования

«Белорусский государственный технологический университет».

220006. Минск, Свердлова, 13а.

ЛИ №/ 02330/0549423 от 08.04.2009.

Издатель и полиграфическое исполнение:

Центр издательско-полиграфических и информационных технологий
учреждения образования «Белорусский государственный технологический
университет».

ЛИ №/ 02330/0549423 от 08.04.2009.

ЛП №/ 02330/0150477 от 16.01.2009.