

Министерство образования и науки Российской Федерации
**ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ
(ТУСУР)**

**Кафедра радиоэлектронных технологий и экологического мониторинга
(РЭТЭМ)**

М. В. МИНИНА

ХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

**Методические указания по практическим и семинарским занятиям
для студентов направления подготовки:
*«Техносферная безопасность», «Экология и природопользование»***

2014

Министерство образования и науки Российской Федерации
**ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ
(ТУСУР)**

Кафедра радиоэлектронных технологий и экологического мониторинга
(РЭТЭМ)

УТВЕРЖДАЮ
Зав. кафедрой РЭТЭМ
_____ В. И. Туев
«__» _____ 2014 г.

ХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

**Методические указания по практическим и семинарским занятиям
для студентов направления подготовки:**

«Техносферная безопасность», «Экология и природопользование»

Разработчик:
ассистент каф. РЭТЭМ
_____ М. В. Минина
«__» _____ 2014 г.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Занятие 1. Контроль загрязнения атмосферного воздуха.....	4
Занятие 2. Контроль загрязнения водных объектов.....	5
Занятие 3. Контроль загрязнения почв.....	6
Занятие 4. Применение колориметрического анализа.....	7
Занятие 5. Применение метода ионометрии.....	8
Занятие 6. Применение метода нейтрализации.....	9
Занятие 7. Практика метода нейтрализации.....	10
Занятие 8. Применение окислительно-восстановительного титрования.....	12
Занятие 9. Практика окислительно-восстановительного титрования... 	13
Занятие 10. Применение осадительного титрования.....	15
Занятие 11. Практика осадительного титрования.....	16
Занятие 12. Применение экстракции.....	18
Занятие 13. Применение весового анализа.....	19
Занятие 14. Практика гравиметрического метода.....	20
Занятие 15. Применение газовой хроматографии.....	22
Занятие 16. Применение хроматографии на бумаге и в тонком слое.....	23
Рекомендуемая литература.....	24

**Занятие 1. Контроль загрязнения атмосферного воздуха
(2 часа, самостоятельная работа 1 час)
Семинарское занятие**

Цель занятия: обсуждение особенностей контроля загрязнения атмосферного воздуха

Предмет и содержание занятия

Загрязнение атмосферы. Отбор проб воздуха. Посты наблюдения. Санитарно-химические исследования воздушной среды рабочей зоны. Методы контроля. Выбор мест отбора проб воздуха. Санитарный контроль загрязнений. Периодичность отбора проб воздуха. Методики отбора проб. Инструментальные методы контроля загрязнения атмосферы.

1. Назовите правила организации наблюдений за уровнем загрязнения атмосферы в городах и населённых пунктах.
2. Какие три категории постов наблюдений устанавливаются при наблюдении за уровнем загрязнения атмосферы? Дайте характеристику каждому посту.
3. Какие метеорологические параметры определяют одновременно с отбором проб воздуха?
4. Какие основные загрязняющие вещества определяют на опорных стационарных постах?
5. Назовите продолжительность отбора проб воздуха для определения среднесуточных концентраций загрязняющих веществ при дискретных наблюдениях по полной программе и при непрерывном отборе.
6. В чем особенности исследования воздушной среды рабочей зоны?
7. Как необходимо проводить отбора проб при санитарно-гигиенических исследованиях производственной атмосферы с длительными стадиями технологического процесса?
8. Как добиваются получения достоверных результатов при санитарно-химических исследованиях воздушной среды?
9. Как осуществляется санитарный контроль загрязнений воздушной среды?
10. От чего зависит периодичность отбора проб воздуха?
11. Назовите зависимость периодичности отбора проб воздуха от класса опасности вредного вещества.
12. Чем определяется выбор способа отбора анализируемых веществ?
13. Какую аппаратуру используют для отбора проб воздушной среды?
14. Назовите особенности отбора проб воздуха разных веществ.
15. Перечислите требования к методам аналитического контроля воздушной среды на содержание вредных примесей.
16. Какие наиболее распространенные инструментальные методы контроля загрязнения атмосферы Вам известны?

Занятие 2. Контроль загрязнения водных объектов (2 часа, самостоятельная работа 1 час)

Семинарское занятие

Цель занятия: обсуждение особенностей контроля загрязнения водных объектов

Предмет и содержание занятия

Сточные воды. Организация контроля качества воды. Программа контроля качества воды. Пункты контроля качества. Программа исследования причин загрязнения. Классы качества воды. Инструментальные методы контроля загрязнения водной среды. Стандартные образцы.

1. Какие четыре группы сточных вод выделяют по составу загрязнителей и характеру их действия?
2. Какими показателями характеризуется качество воды?
3. Охарактеризуйте основные источники загрязнителей воды.
4. Согласована ли методика пробоотбора на водных объектах с требованиями международных организаций?
5. Какие показатели водной среды необходимо определять на месте отбора проб и почему?
6. Какие требования предъявляются к воде как источнику водоснабжения?
7. Дайте определение «створ».
8. Как определяют границу зоны загрязненности?
9. На что направлена программа контроля качества воды?
10. Что включает программа характеристики качества воды?
11. На что направлена программа исследования причин загрязнения?
12. Какие классы качества воды Вы знаете?
13. Какими единицами пользуются при оценке содержания загрязняющих веществ в воде?
14. Какие инструментальные методы контроля загрязнения водной среды используют?
15. Дайте определения «стандартный образец состава вещества (материала)» и «стандартный образец свойств вещества (материала)».
16. Для чего предназначены стандартные образцы?

Занятие 3. Контроль загрязнения почв (2 часа, самостоятельная работа 1 час)

Семинарское занятие

Цель занятия: обсуждение особенностей контроля загрязнения почв

Предмет и содержание занятия

Оценка степени загрязнения почв. Показатели степени устойчивости к химическим загрязняющим веществам. Классы опасности. Показатели санитарного состояния почвы. Методы контроля загрязнения почв.

1. Каков состав почв?
2. Что такое загрязнение почв? Каковы основные причины загрязнения почв?
3. Назовите требования к контролю за загрязнением почв.
4. Назовите и дайте краткую характеристику антропогенно-технических воздействий, способных вызвать ухудшение качества почв.
5. Как классифицируются почвы по степени устойчивости почвы к химическим загрязняющим веществам?
6. Какими показателями характеризуется степени устойчивости почвы к химическим загрязняющим веществам?
7. По каким критериям определяют показатели химического загрязнения почв?
8. По каким веществам почвы подвергают жесткому нормированию?
9. Назовите химические вещества 1, 2 и 3 класса опасности.
10. Назовите причины, которые вызывают химическое загрязнение почв?
11. Назовите особенности контроля загрязнения почв населенных пунктов.
12. Какие особенности контроля загрязнения почв промышленными источниками Вы знаете?
13. На какие характеристики следует обратить внимание при анализе почв?
14. Назовите наиболее распространенные методы контроля загрязнения почвы?
15. Какие показатели определяют с помощью гравиметрии?
16. С помощью какого метода определяют толуол, ксилол и бензол?

Занятие 4. Применение колориметрического анализа (2 часа, самостоятельная работа 1 час)

Семинарское занятие

Цель занятия: обсуждение основ колориметрического анализа, возможностей применения колориметрического анализа для исследования воздушной и водной сред

Предмет и содержание занятия

Основные оптические свойства растворов органических соединений. Основной закон колориметрии. Химические основы цветности. Энергетические уровни молекул. Условия образования окрашенных соединений. Инструментальные методы измерения интенсивности окраски. Применение колориметрического метода для исследования воздушной и водной сред.

1. На чем основан метод колориметрического анализа?
2. Расскажите сущность колориметрического метода.
3. Что такое интенсивность светового потока? С чем связано ее ослабление?
4. Сформулируйте закон Бугера-Ламберта.
5. Сформулируйте основной закон колориметрии.
6. Что обуславливает возникновение цвета вещества? От чего зависят оттенки окраски?
7. Каким образом влияет рН раствора на определение ингредиента?
8. Как используют индикаторные свойства реактива в колориметрии?
9. Какие два типа приборов используют в колориметрии?
10. Для чего применяют экстракцию?
11. Назовите достоинства метода стандартных серий.
12. Какие недостатки метода стандартных серий Вы знаете?
13. Назовите недостаток метода уравнения интенсивностей окраски.
14. За счет чего можно проводить колориметрические определения во всех областях спектра с помощью фотометра?
15. Каковы достоинства фотоэлектрических приборов?
16. Расскажите принцип работы фотометра.
17. Какие вещества определяют колориметрическим методом в воздушной среде?
18. Какие вещества и показатели водной среды определяют колориметрическим методом?

Занятие 5. Применение метода ионометрии (2 часа, самостоятельная работа 1 час)

Семинарское занятие

Цель занятия: обсуждение особенностей ионометрии, возможностей применения метода ионометрии для исследования водной среды

Предмет и содержание занятия

Теоретические основы ионометрии. Ионоселективные электроды. Классификация и свойства ионоселективных электродов. Электроды с твердой мембраной. Электроды с жидкими и пленочными мембранами. Применение метода ионометрии для исследования водной среды.

1. Назовите основную задачу ионометрии.
2. Для чего применяют ионометрию?
3. В каком случае электрод называют специфическим?
4. На какие две группы делят ионоселективные электроды? Дайте характеристику каждой группе.
5. Дайте характеристику электродам с твердой мембраной.
6. Расскажите устройство электрода с жидкой мембраной.
7. Какими преимуществами обладают электрода с жидкой мембраной по сравнению с твердыми?
8. Назовите недостатки пленочных ионоселективных электродов.
9. Какие преимущества имеет ионометрический метод добавок?
10. Какие виды метода добавок известны?
11. По какому критерию происходит деление метода добавок на виды?
12. Как проводят процедуру ионометрического метода добавок?
13. Назовите преимущества применения метода Грана.
14. В чем заключается метод двойной стандартной добавки?
15. Какой из видов ионометрического метода добавок имеет самую маленькую погрешность? Почему?
16. Какие микроэлементы влияют на определение йодидов?
17. Какие вещества определяют методом ионометрии в водной среде?

Занятие 6. Применение метода нейтрализации (2 часа, самостоятельная работа 1 час)

Семинарское занятие

Цель занятия: обсуждение особенностей метода нейтрализации, возможностей применения метода нейтрализации для исследования водной среды

Предмет и содержание занятия

Теоретические основы метода нейтрализации. Применение метода нейтрализации для контроля окружающей среды. Кислотно-основные индикаторы. Виды кислотно-основного титрования. Кривые титрования.

1. Чем характеризуется реакция нейтрализации?
2. Как применяют метод нейтрализации для контроля окружающей среды?
3. Какое вещество является рабочим раствором в алкалиметрии, а какое в ацидиметрии?
4. Каким требованиям должны удовлетворять химические реакции, используемые в аналитических методах?
5. С помощью чего определяют окончание реакции нейтрализации?
6. Какие способы титрования Вы знаете?
7. Какие индикаторы используют в методе нейтрализации?
8. Фенолфталеин или метиловый оранжевый используют в качестве индикатора, если точка эквивалентности находится в кислой среде?
9. Для определения каких веществ применяют алкалиметрию?
10. Для определения каких веществ применяют ацидиметрию?
11. Дайте определение «кислотно-основные индикаторы», «интервал перехода индикатора».
12. Какие требования предъявляют к кислотно-основным индикаторам?
13. Какой индикатор (метиловый оранжевый, фенолфталеин, лакмус) пригоден для определения конца титрования: а) $\text{HCOOH} + \text{NaOH}$; б) $\text{NH}_3 + \text{HCl}$; в) $\text{Na}_3\text{PO}_4 + \text{HCl}$; г) $\text{HNO}_3 + \text{NaOH}$.
14. Какие виды кислотно-основного титрования Вы знаете?
15. В чем заключается метод пипетирования?
16. В чем заключается метод отдельных навесок? В чем его достоинства?
17. Чем характеризуются кривые титрования?

Занятие 7. Практика метода нейтрализации (2 часа, самостоятельная работа 2 часа)

Практическое занятие

Цель занятия: получение и закрепление навыков определения количества хлороводородной кислоты, необходимой для приготовления ~0.1 н. раствора HCl

Предмет и содержание занятия

Метод нейтрализации — объемный (титриметрический) метод определения концентрации кислот и щелочей в растворах. В основе метода нейтрализации лежит использование реакции нейтрализации, т. е. соединения водородных и гидроксильных ионов: $H^+ + OH^- = H_2O$. Методы нейтрализации широко применяются при **химическом** контроле многих производств, при научных исследованиях и др.

Основным раствором в объемном анализе является титрованный, или стандартный, раствор исходного реактива, при титровании которым определяют содержание вещества в анализируемом растворе.

Самым простым способом приготовления вещества точно известной концентрации, т. е. характеризующегося определенным титром, является растворение точной навески исходного химически чистого вещества в воде и разбавление полученного раствора до требуемого объема.

Зная массу (a) растворенного в воде химически чистого соединения (A) и объем (V) полученного раствора, легко вычислить титр (T) приготовленного реактива:

$$T_A = a/V \text{ (г/см}^3\text{)}$$

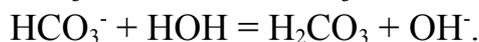
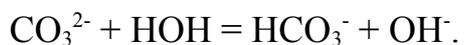
Этим способом готовят титрованные растворы таких веществ, которые можно легко получить в чистом виде и состав которых отвечает точно определенной формуле и не изменяется в процессе хранения.

Приготовление ~0.1 н. раствора хлороводородной кислоты. Обычно титрованные растворы хлороводородной кислоты готовят разбавлением рассчитанного количества исходной концентрированной HCl известной концентрации в дистиллированной воде. Затем устанавливают титр полученного раствора. Если нужно приготовить точно 0.1 н. раствор, то его готовят несколько более концентрированным. После установки титра приблизительно 0.1 н. раствора его разбавляют рассчитанным количеством воды и снова устанавливают титр. Чаще всего готовят приблизительно 0.1 н. раствор HCl и ограничиваются точной установкой его нормальности.

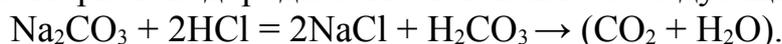
В качестве установочных веществ применяемых для установки титров стандартных растворов кислот, используют разнообразные химически чистые соединения точно известного состава, реагирующими с кислотами в строго определенных стехиометрических соотношениях. Чаще всего

применяют безводный карбонат натрия Na_2CO_3 , тетраборат натрия $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$, оксалат натрия $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$.

Установка титра по карбонату натрия. Водный раствор карбоната натрия из-за его гидролитического разложения под влиянием молекул воды имеет сильно щелочную реакцию:



При титровании карбоната натрия кислотой гидролиз протекает полностью в сторону образования угольной кислоты, разлагающейся на воду и диоксид углерода, поэтому суммарное уравнение реакции титрования карбоната натрия хлористоводородной кислотой имеет следующий вид:



Задание: рассчитать количество хлороводородной кислоты в мл необходимое для приготовления 1 л 0.1 н. раствора HCl.

Плотность исходного раствора (ρ) HCl равна 1.179 г/см^3 , раствор HCl такой плотности соответствует 36 весовым процентам HCl (100 г – 36 г).

Порядок выполнения задания:

1. Определить сколько граммов 100%-ной HCl требуется для приготовления 1 л 0.1 н. раствора HCl. ($g = M \cdot 0.1 \cdot V$).

2. Вычислить сколько граммов 36%-ной HCl требуется для приготовления 1 л 0.1 н. раствора HCl.

3. Так как концентрированную хлористоводородную кислоту неудобно взвешивать, то определяем объем. Определить какой объем (V) занимают g грамм 36%-ной кислоты по формуле $V = g/\rho$.

4. Установить титр ~ 0.1 н. раствора хлороводородной кислоты. Для этого вычисляют эквивалентную массу карбоната натрия Na_2CO_3 (молярную массу эквивалента). Эквивалентную массу карбоната натрия в этом случае равна половине его молекулярной массе.

5. Оформите полученные результаты в виде отчета.

Контрольные вопросы

1. Напишите реакцию нейтрализации.
2. Назовите самый простой способ приготовления вещества точно известной концентрации.

3. Как определяют титр приготовленного раствора?

4. Какие вещества применяют для установки титров стандартных растворов кислот?

5. Напишите суммарное уравнение реакции титрования карбоната натрия хлористоводородной кислотой.

6. Для чего применяют кислотно-основные индикаторы?

7. Какое свойство объединяет все кислотно-основные индикаторы?

8. Назовите основные положения теории электролитической диссоциации.

Занятие 8. Применение окислительно-восстановительного титрования (2 часа, самостоятельная работа 1 час)

Семинарское занятие

Цель занятия: обсуждение особенностей окислительно-восстановительного титрования, возможностей применения для исследования водной среды

Предмет и содержание занятия

Окислительно-восстановительное титрование. Кривые титрования. Титрование смесей. Окислительно-восстановительные индикаторы. Применение окислительно-восстановительного титрования для исследования водной среды.

1. Чем характеризуется окислительно-восстановительное титрование?
2. Какой процесс называют процессом окисления, какой – процессом восстановления?
3. Какие требования предъявляются к реакциям, используемым в редоксметрии?
4. Напишите реакции окислительно-восстановительного титрования. Объясните их.
5. Назовите недостаток окислительно-восстановительной реакции.
6. Какими способами ускоряют окислительно-восстановительные реакции?
7. Что является титрантом в иодиметрическом титровании?
8. При каких условиях используют обратное титрование?
9. Для чего используют заместительное титрование?
10. Какие виды окислительно-восстановительных индикаторов существуют?
11. К какому виду окислительно-восстановительных индикаторов относится крахмал?
12. Чем отличаются обратимые индикаторы от необратимых?
13. Зависимость каких величин отражает кривая окислительно-восстановительного титрования?
14. Какие вещества определяют с помощью окислительно-восстановительного титрования?
15. Почему $KMnO_4$ можно титровать без индикатора?
16. В какой среде лучше проводить перманганатометрическое титрование?

Занятие 9. Практика окислительно-восстановительного титрования (2 часа, самостоятельная работа 2 часа)

Практическое занятие

Цель занятия: получение и закрепление навыков определения титра и молярной концентрации эквивалентов в растворе перманганата калия

Предмет и содержание занятия

Окислительно-восстановительное титрование или редоксиметрия (от латинского *oxydatio* - окисление и *reductio* - восстановление) основано на реакциях окисления-восстановления. Если титрант - окислитель, то титрование называют окислительным (оксидиметрия). Если титрант - восстановитель, то титрование восстановительное (редуциометрия).

Окислительно-восстановительное титрование (редоксиметрию) в зависимости от природы реагента разделяют на перманганато-, дихромато-, цери-, иодо-, бромато- и иодатометрию. В их основе лежит протекание окислительно-восстановительной реакции, суть которой заключается в передаче электрона от восстановителя к окислителю.

Титр раствора оксалата аммония $T_{o.a}$:

$$T_{o.a} = m_{o.a} / V_k, \text{ г/мл}$$

Здесь $m_{o.a}$ – навеска оксалата аммония, г;

$T_{o.a}$ - титр раствора оксалата аммония, г/мл;

V_k – объем мерной колбы для приготовления раствора оксалата аммония из его навески ($m_{o.a}$), мл.

Молярная концентрация эквивалентов оксалата аммония $C_{эк o.a}$:

$$C_{эк o.a} = 1000 \cdot T_{o.a} / M_{э o.a}, \text{ моль/л}$$

Здесь $C_{эк o.a}$ – молярная концентрация эквивалента оксалата аммония, моль/л;

$M_{э o.a}$ – молярная масса эквивалента оксалата аммония (71.057), г/моль.

Титр раствора перманганата калия по титру оксалата аммония:

$$T_{п.к.} = M_{э п.к} T_{o.a} / M_{э o.a} V_{п.к.}, \text{ г/мл}$$

Здесь $T_{п.к.}$ – титр раствора перманганата калия, г/мл;

$M_{э п.к.}$ – молярная масса эквивалента перманганата калия (31.608 – в кислой среде), г/моль;

$V_{п.к.}$ – объем титранта в точке эквивалентности (в конечной точке титрования, при появлении слабозимовой окраски), мл.

$$C_{эк п.к.} = 1000 T_{п.к.} / M_{э п.к.}, \text{ моль/л}$$

Здесь $C_{эк п.к.}$ – молярная концентрация эквивалента перманганата калия, моль/л.

Титр раствора перманганата калия по молярной концентрации эквивалентов оксалата аммония:

$$C_{эк п.к.} = C_{эк o.a} V_{o.a.} / V_{п.к.}, \text{ моль/л}$$

Здесь $V_{o.a.}$ – объем раствора оксалата аммония для титрования ($V_{пип}$), мл.

$$T_{\text{п.к.}} = M_{\text{э.п.к.}} C_{\text{эк п.к.}} / 1000. \text{ г/мл}$$

Задание: рассчитать титр и молярную концентрацию эквивалентов в растворе перманганата калия, если известно, что для приготовления 250 мл 0.05 н. раствора навеска оксалата аммония составляет 0.8882 г; аликвотная часть оксалата аммония ($V_{\text{о.а.}}$) равна 20-25 мл, $V_{\text{п.к.}} = 15-20$ мл.

Порядок выполнения задания:

1. Рассчитайте титр раствора оксалата аммония.
2. Рассчитайте молярную концентрацию эквивалентов оксалата аммония.
3. Вычислите титр раствора перманганата калия по титру оксалата аммония.
4. Рассчитайте молярную концентрацию эквивалентов оксалата аммония.
5. Вычислите титр раствора перманганата калия по молярной концентрации эквивалентов оксалата аммония.
6. Оформите полученные результаты в виде отчета.

Контрольные вопросы

1. Какие требования применяют к окислительно-восстановительным реакциям?
2. От каких факторов зависит равновесный окислительно-восстановительный потенциал?
3. Назовите виды окислительно-восстановительного титрования.
4. Какие способы редокс-титрования Вам известны?
5. Дайте определение «специфический индикатор» и «истинный окислительно-восстановительный индикатор».
6. Какие вещества относятся к специфическим индикаторам?
7. Какие свойства окислительно-восстановительных индикаторов Вы знаете?
8. Почему для нахождения точки эквивалентности строят дифференциальную кривую?

Занятие 10. Применение осадительного титрования (2 часа, самостоятельная работа 1 час)

Семинарское занятие

Цель занятия: обсуждение особенностей осадительного титрования, возможностей применения метода осадительного титрования для исследования окружающей среды

Предмет и содержание занятия

Методы осадительного титрования. Растворимость осадков. Влияние pH на растворимость. Характеристика и применение методов аргентометрии, роданометрии, меркуметрии для исследования окружающей среды.

1. Какие методы осадительного титрования существуют?
2. Какие реакции лежат в основе метода осаждения? Какие требования к ним предъявляются?
3. При каких условиях возможно использовать метод осадительного титрования для количественного определения анализируемого вещества?
4. Стандартный раствор какого вещества используется в роданометрическом титровании?
5. Какие типы осадительных индикаторов существуют? В чем их особенности?
6. Какие преимущества имеет меркурометрический метод по сравнению с аргентометрическим методом?
7. В зависимости от способа выполнения осадительного титрования какие выделяют виды?
8. Какие недостатки имеют реакции осаждения при использовании в титриметрическом методе анализе?
9. Какие вещества используют в качестве индикаторов в методах Мора, Фольгарда, Фаянса?
10. Почему нельзя проводить количественное определение по методу Мора а) в кислой среде, б) в щелочной среде?
11. Каков механизм действия адсорбционных индикаторов в аргентометрии?
12. Какие вещества применяются в качестве адсорбционных индикаторов?
13. Какие реакции положены в основу меркурометрического метода?
14. В чем сущность тиоцианометрического (роданометрического) метода определения серебра и галогенидов? Какие реакции лежат в основе этого метода?
15. Какие вещества определяют методом осадительного титрования?
16. Как применяют метод осадительного титрования для исследования окружающей среды?

Занятие 11. Практика осадительного титрования (2 часа, самостоятельная работа 2 часа)

Практическое занятие

Цель занятия: получение и закрепление навыков определения количества хлоридов в растворе по методу Фаянса

Предмет и содержание занятия

Методы осаждения основаны на взаимодействии определяемого вещества с титрованным раствором осадителя, в результате которого выпадает осадок. Использование этого метода для количественного определения анализируемого вещества возможно только в том случае, если выделяющиеся осадки практически нерастворимы, если реакция образования осадка протекает быстро и если результаты титрования, не искажаются побочными реакциями соосаждения.

Метод Фаянса основан на прямом титровании галогенидов стандартным оттитрованным раствором AgNO_3 в присутствии адсорбционных индикаторов. Титрование в кислых средах выгодно отличается от титрования в нейтральных растворах, т. к. дает возможность вести определение в присутствии гидролизующихся солей, разлагающихся водой с образованием осадков гидроксидов и оксихлоридов (Al^{3+} , Fe^{3+} и др.).

Задание: рассчитать количество хлоридов в растворе по методу Фаянса в колбе на 250 мл.

Для определения хлорида отбирают аликвотные части исследуемого раствора (обычно по 25 мл), переносят их в конические титровальные колбы, прибавляют по 5 капель раствора флуоресцеина и титруют стандартным (оттитрованным) раствором нитрата серебра при непрерывном перемешивании. Титрование заканчивают, когда белый осадок AgCl окрашивается в красный цвет.

$$m_{\text{NaCl}} = [M_{\text{ЭNaCl}} C_{\text{ЭК}} (\text{AgNO}_3) V(\text{AgNO}_3)/1000] \cdot (V_{\text{к}}/V_{\text{пип}}), \text{ г.}$$

Здесь $M_{\text{ЭNaCl}}$ – молярная масса эквивалентов хлорида натрия (58.44 г/моль); $C_{\text{ЭК}} (\text{AgNO}_3)$ – молярная концентрация эквивалентов; $V(\text{AgNO}_3)$ – объем титранта в точке эквивалентности, мл; $V_{\text{к}}$ и $V_{\text{пип}}$ – объемы колбы и пипетки, мл.

Порядок выполнения задания:

1. Рассчитайте молярную концентрацию эквивалента $C_{\text{ЭК}} (\text{AgNO}_3)$.
2. Рассчитайте количество хлоридов (m_{NaCl}), если дан готовый раствор.
3. Оформите полученные результаты в виде отчета.

Контрольные вопросы

1. Дайте определение «осадительное титрование».
2. Почему метод осадительного титрования не относят к весовому анализу?
3. Каков принцип осадительного титрования?
4. Влияет ли рН на растворимость осадка? Как?
5. Влияет ли концентрация электролита на растворимость? Каким образом?
6. Каковы дополнительные факторы, влияющие на растворимость осадков?
7. В чем заключается особенность осадительных индикаторов?
8. Какие виды осадительного титрования существуют?

Занятие 12. Применение экстракции (2 часа, самостоятельная работа 1 час)

Семинарское занятие

Цель занятия: обсуждение особенностей метода экстракции, возможностей применения метода экстракции для контроля окружающей среды

Предмет и содержание занятия

Экстракция. Экстракционные методы выделения. Условия выполнения экстракции веществ. Влияние различных факторов на скорость экстракции. Признаки классификации процессов экстракции. Экстрагенты и разбавители. Способы выполнения экстракции. Применение метода экстракции.

1. Что представляет собой экстракция?
2. Каковы условия выполнения экстракции вещества?
3. Что такое экстрагенты и какой природы они бывают?
4. Какие вещества называют разбавителями?
5. Каковы условия выполнения экстракции веществ?
6. Какие факторы влияют на скорость экстракции?
7. По каким признакам можно классифицировать экстракционные процессы?
8. Какие типы экстрагируемых соединений Вам известны?
9. Какие способы выполнения экстракции Вы знаете?
10. Для чего применяют противоточную экстракцию?
11. Какие требования предъявляют к органическим растворителям для экстракции?
12. Для чего применяют метод экстракции?
13. Вычислить объем органического растворителя, который необходимо взять для однократной экстракции 99 % вещества из 100 мл раствора, если константа распределения P_0 этого вещества между органическим растворителем и водной фазой равна 20.
14. Какой объем органического растворителя необходимо взять для однократной экстракции 99 % вещества из 100 мл водного раствора, если $P = 10$?
15. Какой общий объем органического растворителя необходимо использовать для многократной экстракции, чтобы из 100 мл водного раствора извлечь 99 % вещества, если $P_0 = 20$, а на каждую экстракцию берут по 25 мл органического растворителя?

Занятие 13. Применение весового анализа (2 часа, самостоятельная работа 1 час)

Семинарское занятие

Цель занятия: обсуждение особенностей весового анализа, возможностей применения весового анализа для контроля окружающей среды

Предмет и содержание занятия

Общая характеристика весового анализа. Классификация методов весового анализа. Техника весового анализа. Влияние различных факторов на параметры осадка. Выбор оптимальных условий для весового определения. Применение весового анализа.

1. Какой метод анализа называют весовым методом анализа?
2. На какие группы можно разделить весовые определения?
3. На чем основаны методы выделения, осаждения и отгонки?
4. Каковы преимущества и недостатки весового анализа?
5. Для чего применяют весовой анализ в контроле окружающей среды?
6. Каким образом величина навески для весового анализа влияет на относительную точность результатов анализа?
7. Почему в большинстве случаев осаждение вещества проводят при повышенной температуре?
8. Чем отличаются друг от друга беззольные фильтры синяя лента и красная лента?
9. Как проводят фильтрование в весовом методе?
10. Что такое осаждаемая и весовая формы? Чем они отличаются друг от друга?
11. При каких условиях образуются мелкокристаллические или аморфные осадки, а при каких – крупные кристаллы?
12. Какие требования предъявляются к осадкам?
13. Каковы оптимальные условия осаждения кристаллических и аморфных осадков?
14. Как можно повысить точность весовых определений?
15. Какие наиболее значимые условия для весовых определений Вы знаете?
16. Какие требования предъявляют к записи результатов анализа в весовом методе?
17. Как степень точности результатов отражают в записи? Как определить точность результата?

Занятие 14. Практика гравиметрического метода (2 часа, самостоятельная работа 2 часа)

Практическое занятие

Цель занятия: получение и закрепление навыков определения массы навески хлорида бария ($\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) и количества необходимого осадителя

Предмет и содержание занятия

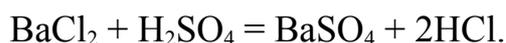
Гравиметрический анализ - весовой анализ, один из важных методов количественного химического анализа, основанный на точном измерении массы вещества. Определяемое вещество обычно выделяют из анализируемой пробы в виде малорастворимого соединения известного постоянного химического состава, т. к. выделение вещества в химически чистом виде связано с большими трудностями, а иногда и невозможно. Гравиметрический анализ начинается с взятия точной навески анализируемой пробы и перевода её в раствор. Затем, прибавляя соответствующий реактив, получают малорастворимый осадок соединения, содержащего определяемое вещество. Осадок отделяют от раствора фильтрованием, промывают и сушат или прокаливают до постоянного значения массы.

Гравиметрический анализ применяют для определения химического состава горных [пород](#), [минералов](#), [сплавов](#), для контроля качества сырья и готовой продукции в ряде отраслей промышленности. К разновидностям гравиметрического анализа относятся [пробирный анализ](#) и электрогравиметрический анализ.

Сущность гравиметрического метода анализа заключается в измерении массы вещества известного качественного состава, содержащего определяемый компонент.

Определение бария в хлориде бария ($\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$).

Осаждение бария проводят из раствора его хлорида раствором серной кислоты:



Из уравнения реакции следует, что вещества (BaCl_2 и BaSO_4) реагируют в мольном отношении 1:1. Осаждаемая форма BaSO_4 после прокаливания при допустимой температуре превращается в гравиметрическую, не меняя химического состава. Масса гравиметрической формы ($m(\text{BaSO}_4)$) может лежать в пределах 0,25 - 0,50 г.

По уравнению реакции проводят расчеты: а) массы навески анализируемого вещества; б) количества осадителя.

Расчет навески $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$:

Вначале находят, сколько моль BaSO_4 содержится в массе 0,5 г этого вещества:

$$n = m (\text{в-ва}) / M (\text{в-ва}), \text{ моль.}$$

где n – количество вещества, моль;

m (в-ва) – масса гравиметрической формы, г;

M (в-ва) – молярная масса BaSO_4 , г/моль.

Расчет количества осадителя:

$$n = C \cdot V, \text{ моль.}$$

где C – концентрация вещества;

V – объем (количество осадителя).

Если задано количество вещества, необходимое для реакции, и известна исходная молярная концентрация раствора этого вещества, то находят объем раствора.

Задание: рассчитать массу навески хлорида бария ($\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) и количества осадителя, если масса гравиметрической формы может лежать в пределах 0,25 - 0,50 г, объем 1 М раствора серной кислоты (1 моль/л) необходим для эквивалентного взаимодействия с хлоридом бария.

Порядок выполнения задания:

1. Рассчитайте массу навески хлорида бария.
2. Рассчитайте количества осадителя.
3. Оформите полученные результаты в виде отчета.

Контрольные вопросы

1. Дайте определение «гравиметрический анализ».
2. Перечислите достоинства гравиметрического метода.
3. Какова точность метода?
4. Какова последовательность операций?
5. В чем заключается оценка результатов определения.
6. Каковы правила закладки фильтров в фильтровании?
7. По какой формуле рассчитывают навеску?
8. Как рассчитывают количество осадителя?

Занятие 15. Применение газовой хроматографии (2 часа, самостоятельная работа 1 час)

Семинарское занятие

Цель занятия: обсуждение особенностей газовой хроматографии, возможностей применения газовой хроматографии для контроля загрязнения атмосферного воздуха

Предмет и содержание занятия

Теоретические основы газовой хроматографии. Сущность метода. Характеристика метода. Область применения метода газожидкостной хроматографии. Использование метода газожидкостной хроматографии.

1. Что представляет собой газовая хроматография?
2. Что используют в качестве подвижной и неподвижной фаз в газовой хроматографии?
3. В чем заключается сущность метода газовой хроматографии?
4. Назовите достоинства газовой хроматографии.
5. Что является основой разделения, если стационарная фаза – жидкость?
6. Что представляет собой «время удерживания»?
7. Назовите преимущества метода газожидкостной хроматографии.
8. Почему продолжительность газожидкостной хроматографии очень мала?
9. Какие загрязняющие вещества можно определять методом газовой хроматографии в воздухе?
10. Как проводится анализ воздушных загрязнений методом газовой хроматографии?
11. Какими способами проводят газохроматографический анализ загрязнений в воздухе?
12. Из каких этапов состоит анализ вод?
13. Какие требования необходимо выполнять при отборе и хранении проб?
14. Какие вещества определяют газохроматографическим анализом в природных и сточных водах?
15. В чем заключаются особенности газохроматографического анализа водных проб?
16. Какие приборы применяют для газовой хроматографии?
17. Расскажите строение газового хроматографа.

Занятие 16. Применение хроматографии на бумаге и в тонком слое (2 часа, самостоятельная работа 1 час)

Семинарское занятие

Цель занятия: обсуждение особенностей хроматографии на бумаге и в тонком слое, возможностей применения хроматографии на бумаге и в тонком слое для контроля загрязнения атмосферного воздуха

Предмет и содержание занятия

Хроматография на бумаге и в тонком слое. Использование тонкослойной и бумажной хроматографии в санитарно-химическом анализе воздушной среды и сточных вод промышленных предприятий.

1. Какое главное отличие хроматографических методов от других физико-химических методов анализа?
2. Назовите преимущества тонкослойной и бумажной хроматографии?
3. Какие требования предъявляются к хроматографической бумаге?
4. Назовите недостатки хроматографической бумаги?
5. Какие виды бумажной хроматографии существуют?
6. Как проводят анализ в бумажной хроматографии?
7. Каковы достоинства и недостатки бумажной хроматографии?
8. Какие преимущества есть у тонкослойной хроматографии?
9. Какие основные компоненты у установки для тонкослойной хроматографии?
10. Какой метод лежит в основе тонкослойной хроматографии?
11. Какие сорбенты используют в тонкослойной хроматографии?
12. Какие вещества используют в качестве растворителей в тонкослойной хроматографии?
13. Какие факторы влияют на разделение в тонкослойной хроматографии?
14. Назовите виды тонкослойной хроматографии по виду движения растворителей? Какой из видов самый удобный?
15. Каковы достоинства тонкослойной хроматографии?
16. Какие вещества определяют в воздухе с помощью хроматографии на бумаге и в тонком слое?

Рекомендуемая литература

1. Экология и охрана окружающей среды при химическом загрязнении : Учебное пособие для вузов / Л. К. Садовникова, Д. С. Орлов, И. Н. Лозановская. - 3-е изд., перераб. - М. : Высшая школа, 2006. - 333 с.
2. Эколого-аналитический мониторинг стойких органических загрязнителей : Учебное пособие для вузов / В. Н. Майстренко, Н. А. Клюев. - М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2004. - 322 с.
3. Экологическая химия : Учебник для среднего профессионального образования / Л. С. Астафьева. - М. : Academia, 2006. – 222 с.
4. Мониторинг и методы контроля окружающей среды : учебное пособие: В 2 ч. / Ред. Ю. А. Афанасьев, Ред. С. А. Фомин. - М. : МНЭПУ, 2001 - . Ч. 2 : Специальная : рекомендовано методсоветом по направлению / Ю. А. Афанасьев, С. А. Фомин, В. В. Меньшиков и др. - М. : МНЭПУ, 2001. - 334 с.
5. Химия для экологов : учебное пособие / Г. В. Смирнов, Г. М. Якунина; Министерство образования Российской Федерации, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, Кафедра радиоэлектронных технологий и экологического мониторинга. - Томск : ТМЦДО, 2001 - . Ч. 1. - Томск : ТМЦДО, 2001. - 195 с.
6. Орлов Д.С. Химия почв : Учебник для вузов / Д. С. Орлов, Л. К. Садовникова, Н. И. Суханова. – М. : Высшая школа, 2005. – 557 с.
7. Прикладная экология : Учебное пособие для вузов / Т. А. Трифонова, Н. В. Селиванова, Н. В. Мищенко. - М. : Академический Проект, 2005. - 381 с.