

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Кузбасский государственный технический университет
имени Т. Ф. Горбачева»

Кафедра химии, технологии
неорганических веществ и наноматериалов

Составитель
В. Э. Суровая

ОСНОВЫ АНАЛИТИЧЕСКОЙ ХИМИИ И ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ МЕТОДОВ АНАЛИЗА

**Методические указания к практическим занятиям
и самостоятельной работе**

Рекомендовано цикловой методической комиссией
специальности СПО 18.02.12 Технология аналитического
контроля химических соединений
в качестве электронного издания
для использования в образовательном процессе

Кемерово 2018

Рецензент:

Черкасова Е. В., кандидат химических наук, доцент, зав. кафедрой химии, технологии неорганических веществ и наноматериалов Института химических и нефтегазовых технологий ФГБОУ ВО «Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева»

Суровая Виктория Эдуардовна

Основы аналитической химии и физико-химических методов анализа: методические указания к практическим занятиям и самостоятельной работе [Электронный ресурс] для обучающихся специальности СПО 18.02.12 Технология аналитического контроля химических соединений очной формы обучения / сост. В. Э. Суровая; КузГТУ. – Электрон. издан. – Кемерово, 2018.

Настоящие методические материалы составлены в соответствии с рабочей программой дисциплины «Основы аналитической химии и физико-химических методов анализа» для обучающихся специальности технологического профиля и предназначены для проведения практических занятий и самостоятельной работе.

© КузГТУ, 2018

© Суровая В. Э.,
составление, 2018

ВВЕДЕНИЕ

Цель практических занятий по дисциплине «Основы аналитической химии и физико-химических методов анализа» – углубленное изучение разделов дисциплины.

В ходе практических занятий студенты смогут усвоить и глубже понять теоретические положения курса, приобретут навыки самостоятельной работы в решении практических задач.

Самостоятельная работа стимулирует познавательный интерес студентов, развивая интеллектуальные умения и навыки.

В результате изучения дисциплины «Основы аналитической химии и физико-химических методов анализа» формируется современное мировоззрение о роли и месте аналитической химии и физико-химических методах анализа в современной научной картине мира, развивается у студентов творческое мышление для решения практических задач.

Текущий контроль проводится на 5, 9, 13 и 17 неделях семестра в виде опроса по контрольным вопросам, проверке индивидуальных письменных заданий и расчетных задач.

ПЛАН ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

№ п/п	Тема занятия
2 курс / 4 семестр	
1	Лабораторная химическая посуда и приборы. Техника взвешивания. Отбор пробы
2	Определение pH и pOH растворов электролитов
3	Решение задач по теме «Гидролиз солей»
4	Составление окислительно-восстановительных уравнений
5	Решение задач по теме «Закон химических эквивалентов»
6	Расчеты в гравиметрическом анализе
7	Вычисление результатов титриметрических определений
8	Расчеты в окислительно-восстановительном титровании
3 курс / 5 семестр	
9	Метрологические характеристики инструментальных методов анализа

№ п/п	Тема занятия
10	Аналитический контроль объектов окружающей среды
11	Решение задач по теме «Методы разделения и концентрирования»
12	Расчет задач с применением закон Бугера-Ламберта-Бера
13	Происхождение атомных спектров
14	Абсорбционная спектроскопия в УФ и видимой областях
15	Люминесцентный метод анализа
16	Исследование спектров ИК и комбинационного рассеяния
17	Решение расчетных задач по теме «Расчет концентрации вещества методом градуировочного графика»
18	Решение задач по теме «Определение концентрации вещества вольтамперометрическим методом анализа»
3 курс / 6 семестр	
19	Решение задач по теме «Потенциометрические методы анализа»
20	Решение задач по теме «Хроматографические методы анализа»
21	Качественный и количественный хроматографический анализ
22	Амперометрическое титрование
23	Кондуктометрия

ТРЕБОВАНИЯ К ПРОВЕДЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

Приступая к изучению дисциплины «Основы аналитической химии и физико-химических методов анализа», студенту необходимо внимательно ознакомиться с тематическим планом занятий, списком рекомендованной литературы.

При подготовке к практическим занятиям студент в обязательном порядке изучает теоретический материал в соответствии с методическими указаниями к практическим занятиям.

По результатам практического занятия предложены индивидуальные письменные задания, которые студенты должны решить.

Критерии оценивания индивидуального письменного задания:

- 100 баллов – при правильном решении трех заданий;
- 80-99 баллов – при правильном решении двух и неполном решении третьего задания;
- 65-79 балла – при правильном решении одного и неполном решении второго и третьего задания;
- 0-64 балла – при правильном решении только одного задания или при отсутствии правильного решения на все задания.

Количество баллов	100	99-80	79-65	64-0
Шкала оценивания	Отлично	Хорошо	Удовлетворительно	Неудовлетворительно

2 КУРС / 4 СЕМЕСТР

Практическое занятие № 1

ЛАБОРАТОРНАЯ ХИМИЧЕСКАЯ ПОСУДА И ПРИБОРЫ. ТЕХНИКА ВЗВЕШИВАНИЯ. ОТБОР ПРОБЫ

Цель занятия: ознакомиться с лабораторной посудой и приборами, научиться взвешивать и проводить отбор проб.

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Основные виды химической посуды (приблизительные растворы – цилиндр, химический стакан, коническая колба; точные растворы – мерные колбы, пипетки, мензурки) представлена на рисунке 1.

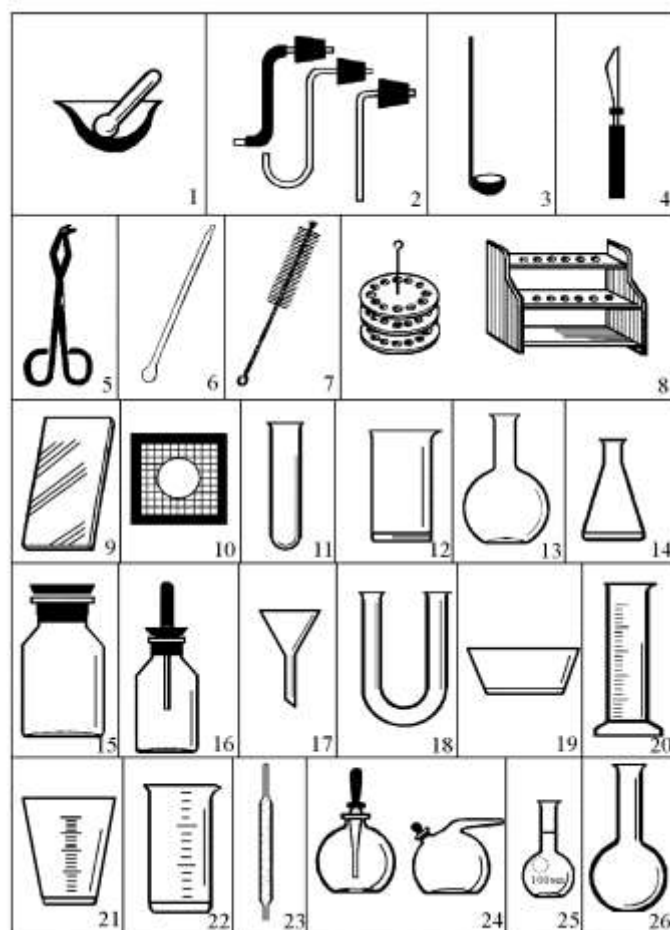


Рис. 1. Лабораторная посуда: 1 – ступка с пестиком; 2 – газоотводные трубки с пробками; 3 – ложечка для сжигания вещества; 4 – пробиркодержатель; 5 – тигельные щипцы; 6 –

стеклянная палочка; 7 – ершик; 8 – штативы для пробирок; 9 – стеклянная пластинка; 10 – асбестированная сетка; 11 – пробирка; 12 – химический стакан; 13, 14 – колбы; 15 – банка; 16 – склянка с пипеткой; 17 – воронка; 18 – U-образная трубка; 19 – чаша; 20 – мерный цилиндр; 21 – мензурка; 22 – мерный стакан; 23 – пипетка градуированная; 24 – капельницы; 25 – мерная колба; 26 – круглодонная колба

Весы являются важнейшим прибором в химической лаборатории, так как ни одна работа в ней не обходится без определения массы того или иного вещества или тары. В зависимости от точности, с которой производится взвешивание, весы разделяют на группы:

- 1) для грубого взвешивания (точность до граммов);
- 2) для точного взвешивания (точность от 1 до 10 мг);
- 3) аналитические (обычные – точность до 0,1 мг, полумикрохимические – точность до 0,01 мг, микрохимические – точность до 0,001 мг, ультрамикрохимические – точность до 10^{-6} – 10^{-9} мг);
- 4) специальные (пробирные, торсионные и т. д.).

Для быстрого взвешивания используют электронные весы с различной точностью. При работе с весами всех типов необходимо очень осторожное обращение, весы должны быть всегда чистыми, при взвешивании пользоваться тарой (рис. 2).

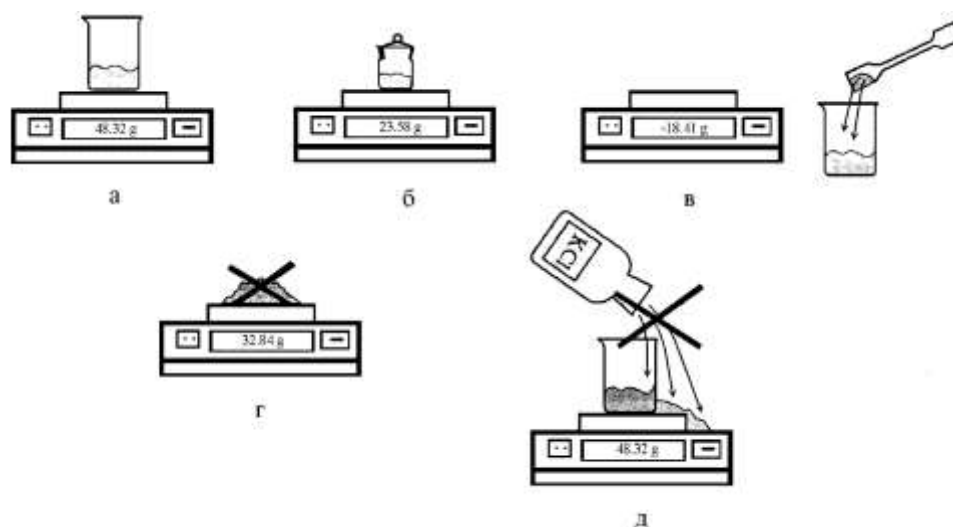


Рис. 2. Взвешивание химических веществ:
а–в – правильно, г, д – неправильно

Отбор пробы – процесс отделения определенным образом части материала для представления или получения информации о большем объеме материала.

Виды проб:

1. Представительная проба – проба по своему химическому составу полностью аналогична объекту анализа.

2. Селективная проба.

3. Рандомизированная (случайная) проба.

4. Композитная (смешанная) проба.

Пробы подразделяются на точечные (простые, разовые, единичные, частные) и генеральные (смешанные, общие).

Подробную информацию о пробоотборе жидких, газовых и твердых проб, а также о хранении и транспортировке проб можно прочесть: Никитина, Н. Г. Аналитическая химия. 4-е изд. С. 202–205 (№ 7 в списке литературы).

Индивидуальные задания:

1. Какие виды химической посуды вы знаете?
2. Что относится к оборудованию химической лаборатории?
3. Взвесьте на технохимических весах навеску хлорида натрия массой 8,2 г; 12,8 г; 14,5 г.
4. Взвесьте на аналитических весах навеску хлорида натрия массой 4,7854 г; 8,4562 г.
5. Отберите пробу атмосферного воздуха в аудитории.
6. Отберите представительную пробу твердой медной проволоки.
7. Отберите пробу твердой стальной пластинки.
8. Расскажите, как производится отбор проб жидкостей?
9. С помощью какого прибора можно отобрать пробу нефтепродуктов?
10. Расскажите какие виды проб вы знаете?
11. Отберите пробу хлорида натрия методом квартования и конуса.
12. Как отбирается проба твердофазных объектов методом желобчатого сократителя?
13. Как происходит транспортировка и хранение проб?

Практическое занятие № 2

ОПРЕДЕЛЕНИЕ pH И pOH РАСТВОРОВ ЭЛЕКТРОЛИТОВ

Цель занятия: научиться определять водородный pH и гидроксильный pOH растворов электролитов.

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ:

В чистой воде некоторая, хотя и очень незначительная, часть молекул воды диссоциирована на ионы:



Измерениями установлено, что при комнатной температуре (при 25 °С) концентрация как водородных, так и гидроксид-ионов в чистой воде равна 10^{-7} моль / л:

$$[\text{H}^+] = [\text{OH}^-] = 10^{-7} \text{ моль / л.}$$

Произведение концентраций водородных и гидроксид-ионов называется *ионным произведением воды* и численно равно 10^{-14} . Ионное произведение воды есть величина постоянная не только для воды, но и для разбавленных водных растворов любых веществ. Обозначив эту величину как $K_{\text{H}_2\text{O}}$, можно написать:

$$K_{\text{H}_2\text{O}} = [\text{H}^+ \cdot \text{OH}^-] = 10^{-14}$$

Следует помнить, что ионное произведение воды равно 10^{-14} только при 25°С. С повышением температуры оно увеличивается, с понижением – уменьшается. Однако для расчетов, относящихся к комнатным температурам, можно во всех случаях принимать

$$K_{\text{H}_2\text{O}} = 10^{-14}$$

Растворы, в которых концентрация водородных и гидроксид-ионов одинакова и равна 10^{-7} моль/л, называются нейтральными. В кислых растворах $[\text{H}^+] > [\text{OH}^-]$, в щелочных наоборот, $[\text{H}^+] < [\text{OH}^-]$. Но как бы не менялись концентрации $[\text{H}^+]$ и $[\text{OH}^-]$ ионов в растворе, произведение их концентраций остается постоянным, равным 10^{-14} . Поэтому, зная концентрацию одного из ионов воды, легко рассчитать и концентрацию второго иона:

$$[\text{H}^+] = \frac{10^{-14}}{[\text{OH}^-]}; \quad [\text{OH}^-] = \frac{10^{-14}}{[\text{H}^+]}.$$

Таким образом, реакция любого водного раствора, т. е. степень его кислотности или щелочности, может быть количественно охарактеризована концентрацией только одного из ионов воды. Принято характеризовать ее концентрацией ионов водорода.

По многим соображениям оказалось удобнее вместо концентрации ионов водорода указывать взятый с обратным знаком десятичный логарифм концентрации водорода. Эта величина называется *pH* или *водородным показателем*:

$$pH = -\lg[H^+].$$

Из всего сказанного следует, что:

- 1) в нейтральном растворе $pH = 7$;
- 2) степень кислотности раствора;
- 3) в щелочных растворах $pH > 7$.

Зная pH какого-либо раствора, нетрудно рассчитать, какова в нем концентрация $[H^+]$ или $[OH^-]$ ионов. Наоборот, по величине концентрации $[H^+]$ или $[OH^-]$ ионов можно установить pH раствора.

Задача 1. Рассчитайте концентрацию ионов водорода и гидроксид-ионов в артериальной крови $pH = 7,42$.

Решение. Поскольку $pH = -\lg[H^+]$, то

$$[H^+] = 10^{-7,42} = 3,8 \cdot 10^{-8} \text{ моль/л},$$
$$[OH^-] = \frac{10^{-14}}{3,8 \cdot 10^{-8}} = 2,63 \cdot \frac{10^{-7} \text{ моль}}{\text{л}}.$$

Концентрацию $[OH^-]$ -ионов можно определить и другим способом:

$$pH + pOH = 14, \text{ отсюда}$$
$$pOH = 14 - pH = 14 - 7,42 = 6,58,$$
$$[H^-] = 10^{-pH} = 10^{-6,58} = 2,63 \cdot 10^{-7} \text{ моль/л}.$$

Ответ: $3,8 \cdot 10^{-8}$ и $2,63 \cdot 10^{-7}$ моль/л.

Индивидуальные задания:

1. Сколько ионов водорода содержится в 1 мл воды?
2. Раствор имеет pH 5,2. Определите концентрацию гидроксильных ионов в этом растворе.
3. Вычислите pH 0,01 н. растворов гидроксида натрия, гидроксида кальция и серной кислоты.

4. Какое будет значение рН раствора, если к 10 л воды прибавить 8 мл 35,6 %-ной соляной кислоты плотностью 1,19?

5. Концентрация $[H^+] = 10^{-8}$ моль / л. Вычислите рН среды и концентрацию $[OH^-]$.

6. Концентрация $[OH^-] = 10^{-10}$ моль / л. Вычислите рН среды и концентрацию $[H^+]$.

7. рОН раствора составляет 4. Вычислите концентрацию $[H^+]$, $[OH^-]$.

8. рН раствора составляет 11. Вычислите концентрацию $[H^+]$, $[OH^-]$ и рОН среды.

9. Определите рОН и рН 0,2 М раствора HCl.

10. Определите рОН и рН 0,5 М раствора NaOH.

Практическое занятие № 3

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ НА ТЕМУ «ГИДРОЛИЗ СОЛЕЙ»

Цель занятия: научиться определять виды гидролиза, записывать уравнения реакции.

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ:

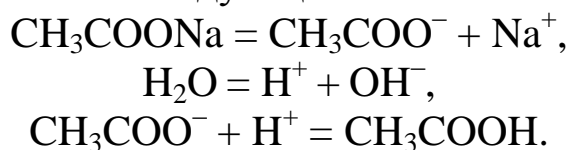
Растворение веществ сопровождается химическим взаимодействием их с растворителем. Реакции взаимодействия между составными частями молекул растворителя и растворенного вещества называются сольволизом, если в качестве растворителя – вода, то процесс называется гидролизом. Гидролизу могут подвергаться химические соединения различных классов: углеводы, белки, эфиры, жиры и т. д. В неорганической химии чаще всего приходится встречаться с гидролизом солей.

В химически чистой воде концентрация ионов водорода и ионов гидроксидов одинакова ($[H^+] = [OH^-]$), вследствие чего вода имеет нейтральную реакцию. При растворении многих солей в воде их ионы, образующиеся в результате диссоциации, вступают во взаимодействие с ионами воды, при этом может произойти связывание ионов H^+ или ионов OH^- ионами соли с образованием малодиссоциирующих соединений.

Процесс взаимодействия ионов растворенной соли с водой, приводящей к образованию слабых электролитов, называется гидролизом соли.

Различают три случая гидролиза солей:

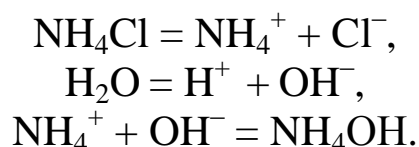
1. Соли, образованные сильным основанием и слабой кислотой (гидролиз по аниону). Например: CH_3COONa , KCN , K_2CO_3 , Na_2S , Na_3PO_4 . Гидролиз этих солей обусловлен связыванием ионов водорода в слабый электролит. Так, гидролиз ацетата натрия можно представить следующей схемой:



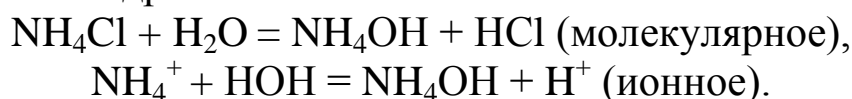
Уравнения гидролиза:



2. Соли, образованные слабым основанием и сильной кислотой (гидролиз по катиону). Например: NH_4Cl , CuSO_4 , ZnCl_2 , FeCl_3 , $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, CrCl_3 . Гидролиз этих солей обусловлен связыванием ионов гидроксила воды в слабый электролит. Так, гидролиз хлорида аммония можно представить следующей схемой:

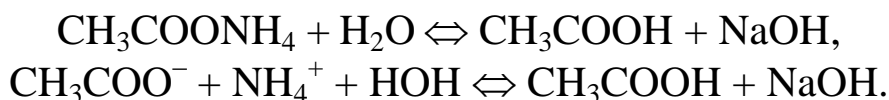


Уравнения гидролиза:



3. Соли, образованные слабой кислотой и слабым основанием.

Соли этого типа гидролизуются в наиболее высокой степени, так как их ионы одновременно связывают ионы водорода и ионы гидроксила. Например, гидролиз ацетата аммония протекает по схеме:



Соли, образованные сильным основанием и сильной кислотой, не подвергаются гидролизу, так как при их взаимодействии с водой не могут быть получены слабые электролиты.

В системе $\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{OH}^-$ равновесие не нарушается, поэтому в растворах этих солей $\text{pH} = 7$.

Индивидуальные задания:

1. Напишите уравнение гидролиза солей: AlCl_3 , $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$.
Укажите значение pH раствора (> 7 , < 7).

2. Напишите уравнение гидролиза солей: Na_2CO_3 , $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$.
Укажите значение pH раствора (> 7 , < 7).

3. В каком из водных растворов $\text{pH} > 7$: NaClO_4 , Na_2S , $[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_4]^{2+}$, Na_2CO_3 ?

4. Приведите примеры реакций гидролиза, протекающего с образованием кислых и основных солей.

5. Напишите в молекулярной и ионной форме уравнения гидролиза следующих солей: $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$, NH_4CN , KCl , K_3PO_4 .

6. Напишите в молекулярной и ионной форме уравнения гидролиза следующих солей: $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$, Na_2S , CrCl_3 , $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$.

7. Напишите уравнение гидролиза солей: CH_3COOK , ZnSO_4 .
Укажите значение pH раствора (> 7 , < 7).

8. Напишите уравнение гидролиза солей: $\text{CH}_3\text{COONH}_4$, $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$. Укажите значение pH раствора (> 7 , < 7).

9. Напишите уравнение гидролиза солей: $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$, Na_2S .
Укажите значение pH раствора (> 7 , < 7).

Практическое занятие № 4

СОСТАВЛЕНИЕ ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ

Цель занятия: научиться составлять окислительно-восстановительные уравнения и подбирать коэффициенты.

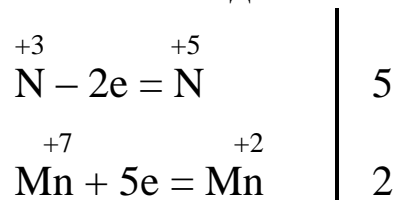
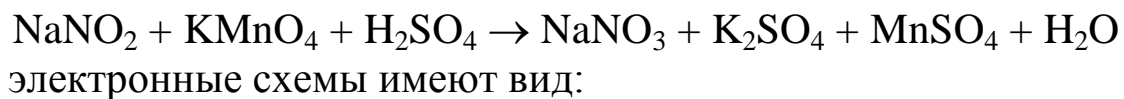
ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ:

Окислительно-восстановительными называются химические реакции, сопровождающиеся изменением степеней окисления элементов.

Окислением называется процесс повышения, а восстановлением – понижения степени окисления. Атом, молекула или ион, в котором степень окисления элемента повышается, называется **восстановителем**, а в котором понижается – **окислителем**.

1. Метод электронного баланса

В этом методе сущность окислительно-восстановительных процессов выражают электронными схемами. Например, для реакции:



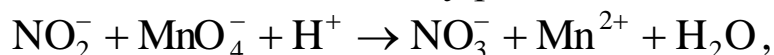
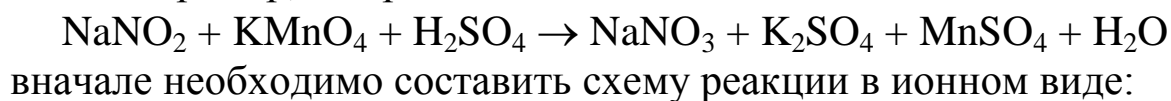
Цифры 5 и 2 – множители, которые являются коэффициентами при формулах восстановителя (нитрита натрия) и окислителя (перманганата калия). Подставив их в левую и правую части схемы и учитывая, что на связь с ионами K^+ и Mn^{2+} расходуется 3 моль H_2SO_4 , получают уравнение:



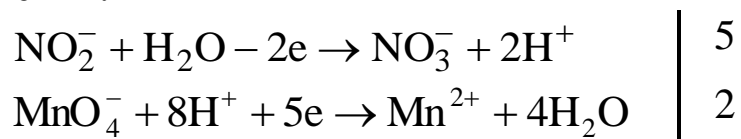
2. Метод полуреакций

Этот метод используется для реакций в растворах электролитов. Он основан на составлении уравнений двух полуреакций (отдельно для процессов окисления и восстановления) с их последующим суммированием. В уравнениях полуреакций должны выполняться законы сохранения вещества (сумма атомов в левой и правой частях должна быть одинаковой) и сохранения энергии (суммарный заряд всех частиц в левой и правой частях должен быть одинаковым).

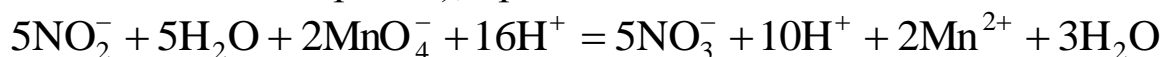
Например, для реакции:



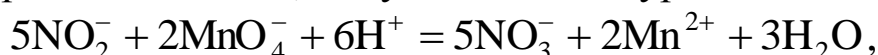
а затем записать полуреакции отдельно для процессов окисления и восстановления:



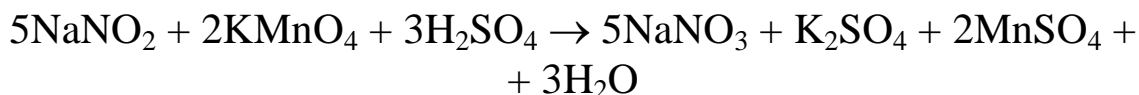
Помножив полуреакцию окисления на число 5, а полуреакцию восстановления на число 2 (при этом уравнивается и сокращается число электронов), производим их сложение:



Сократив подобные, получаем ионное уравнение:



в соответствии с которым молекулярное уравнение реакции имеет вид:



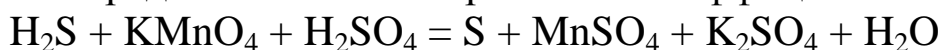
Индивидуальные задания:

1. Дать определение окислительно-восстановительной реакции.

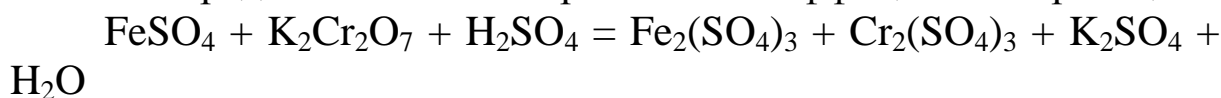
2. Назвать виды окислительно-восстановительных реакций.

3. Сформулировать правила составления (на примере $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$) полуреакции восстановления в кислой, щелочной и нейтральной средах.

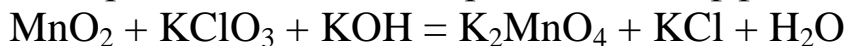
4. Определите стехиометрические коэффициенты в реакции:



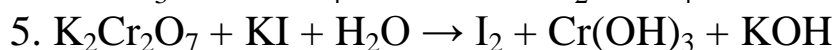
5. Определите стехиометрические коэффициенты в реакции:



6. Определите стехиометрические коэффициенты в реакции:



7. Уравняйте с помощью полуреакций. Какой ион выполняет роль окислителя, восстановителя:



6. $\text{Cd} + \text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{CdSO}_4 + \text{MnSO}_4 + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$
7. $\text{P} + \text{HNO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_3\text{PO}_4 + \text{NO}$
8. $\text{Cl}_2 + \text{NO}_2 + \text{KOH} \rightarrow \text{KNO}_3 + \text{KCl} + \text{H}_2\text{O}$
9. $\text{Au} + \text{HNO}_3 + \text{HCl} \rightarrow \text{AuCl}_3 + \text{NO}\uparrow + \text{H}_2\text{O}$
10. $\text{Na}_2\text{CrO}_3 + \text{PbO}_2 + \text{NaOH} \rightarrow \text{Na}_2\text{CrO}_4 + \text{Na}_2\text{PbO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
11. $\text{KClO}_2 + \text{MnCl}_2 + \text{KOH} \rightarrow \text{KMnO}_4 + \text{KCl} + \text{H}_2\text{O}$
12. $\text{KBrO} + \text{FeSO}_4 + \text{KOH} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{KBr} + \text{Fe}(\text{OH})_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{K}_2\text{SO}_4$
13. $\text{AsH}_3 + \text{HNO}_3 \rightarrow \text{H}_3\text{AsO}_4 + \text{NO}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O}$

Практическое занятие № 5

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ ПО ТЕМЕ «ЗАКОН ХИМИЧЕСКИХ ЭКВИВАЛЕНТОВ»

Цель занятия: научиться определять эквивалентное число, решать задачи на тему «закон химических эквивалентов»

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ:

Эквивалент – реальная или условная частица вещества X , которая в данной кислотно-основной реакции или реакции обмена эквивалентна одному иону водорода H^+ (одному иону OH^- или единичному заряду), а в данной окислительно-восстановительной реакции эквивалентна одному электрону.

Фактор эквивалентности $f_{\text{экв}}(X)$ – число, показывающее, какая доля реальной или условной частицы вещества X эквивалентна одному иону водорода или одному электрону в данной реакции, т.е. доля, которую составляет эквивалент от молекулы, иона, атома или формульной единицы вещества.

Наряду с понятием «количество вещества», соответствующее числу его моль, используется также понятие количество эквивалентов вещества.

Закон эквивалентов: вещества реагируют в количествах, пропорциональных их эквивалентам. Если взято $n(\text{экв}_1)$ моль эквивалентов одного вещества, то столько же моль эквивалентов другого вещества $n(\text{экв}_2)$ потребуется в данной реакции, т. е.

$$n(\text{экв}_1) = n(\text{экв}_2)$$

При проведении расчетов необходимо использовать следующие соотношения:

1. Молярная масса эквивалента вещества X равна его молярной массе, умноженной на фактор эквивалентности:

$$M_{\text{ЭКВ}}(X) = M(X) \cdot f_{\text{ЭКВ}}(X)$$

2. Количество эквивалентов вещества X определяется делением его массы на молярную массу эквивалента:

$$n_{\text{ЭКВ}}(X) = m(X)/M_{\text{ЭКВ}}(X)$$

3. Объём моль-эквивалента газа X при н.у. равен молярному объёму газа, умноженному на фактор эквивалентности:

$$V_{\text{ЭКВ}}(X) = V(X) \cdot f_{\text{ЭКВ}}(X) = 22,4 \cdot f_{\text{ЭКВ}}(X)$$

4. Молярная масса эквивалента сложного вещества равна сумме молярных масс эквивалентов составляющих это вещество атомов (ионов).

5. Молярная масса эквивалента оксида равна молярной массе эквивалента элемента плюс молярная масса эквивалента кислорода:

$$M\left(\frac{1}{4}\text{O}_2\right) = M(\text{O}_2) \cdot \frac{1}{4} = 8 \text{ г/моль}; M\left(\frac{1}{2}\text{CaO}\right) = 20 + 8 = 28 \text{ г/моль}.$$

6. Молярная масса эквивалента гидроксида металла равна молярной массе эквивалента металла плюс молярная масса эквивалента гидроксид-иона, например:

$$M\left[\frac{1}{2}\text{Ca}(\text{OH})_2\right] = 20 + 17 = 37 \text{ г/моль}.$$

7. Молярная масса эквивалента сульфата металла равна молярной массе эквивалента металла плюс молярная масса эквивалента SO_4^{2-} , например,

$$M\left[\frac{1}{2}\text{CaSO}_4\right] = 20 + 48 = 68 \text{ г/моль}.$$

Индивидуальные задания:

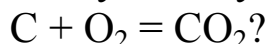
1. Что называется эквивалентом простого и сложного вещества?

2. Чему равен эквивалент соли, кислоты, основания, оксида?

3. Привести примеры реакций, когда эквиваленты простого и сложного вещества (например, кислоты) могут принимать раз-

личные значения, и сформулируйте закон эквивалентов.

4. Чему равен эквивалент двуокиси углерода для реакции:



5. Как выбрать величину навески металла, навески карбоната, из каких условий? Каков должен быть объём кислоты?

6. 0,1 г металла вытеснили 98 мл водорода, собранного над водой при 20 °С и 780 мм. рт. ст. Давление паров воды при 20 °С равно 17 мм. рт. ст. Определите эквивалент металла.

7. До какого объема следует разбавить 1 л 0,2 н раствора хлороводородной кислоты, чтобы получить раствор с $T_{(\text{HCl}/\text{CaO})} = 0,005$ г / мл?

8. Для приготовления 1 л раствора дихромата калия взяли 5,2 г $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$. Рассчитать титр, нормальность раствора и его титр по йодиду калия.

9. В каких объемных соотношениях следует смешать 0,5 н и 0,1 н растворы гидроксида натрия, чтобы получить 0,2 н.

10. Чему равно эквивалентное число для H_2SO_4 , NaOH , $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$.

11. Сколько миллилитров воды и 12 н раствора серной кислоты необходимо взять для приготовления 500 мл 20 %-ного раствора?

Практическое занятие № 6

РАСЧЕТЫ В ГРАВИМЕТРИЧЕСКОМ АНАЛИЗЕ

Цель занятия: научиться проводить расчеты в гравиметрическом анализе.

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ:

Расчет навески анализируемого вещества, расчет объема раствора осадителя, расчет потерь при промывке осадка в методе осаждения: Борисов, А. Н. Аналитическая химия. Расчеты в количественном анализе. 2-е изд., испр. и доп. С. 89–95 (№ 5 в списке литературы).

Индивидуальные задания:

1. Какой объем хлороводородной кислоты с массовой долей растворенного вещества 34 % ($\rho = 1,17$ г / мл) потребуется для осаждения серебра в виде хлорида серебра из 2 г сплава, содержащего 22 % серебра, при использовании полуторного объема раствора осадителя?

2. Какой объем раствора гидроксида натрия с массовой долей растворенного вещества 20 % ($\rho = 1,219$ г / мл) нужно взять для осаждения гидроксида железа (III) из навески сульфата железа (III), равной 0,4384 г, растворенной в воде?

3. Какой объем раствора карбоната натрия с массовой долей растворенного вещества 17,7 % ($\rho = 1,190$ г / мл) требуется для полного осаждения 0,1 г иона кальция?

4. Навеску кристаллогидрата состава $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ массой 0,4162 г растворили в воде. Какой объем 2 н раствора серной кислоты нужно взять для полного осаждения ионов бария из раствора?

5. Вычислить, сколько граммов катионов бария было потеряно при промывании осадка хромата бария 120 мл воды, если промывная вода насыщалась хроматом бария на 50 %?

6. Осадок сульфида кадмия промыли 250 мл воды. Определить потери иона кадмия при промывании, если промывная вода насыщалась сульфидом кадмия на 20 %.

7. Сколько граммов катионов серебра перейдет в раствор, если осадок хлорида серебра промыть а) 100 мл воды; б) 100 мл 0,01 М раствора хлорида натрия?

8. Осадок хромата стронция промыли 200 мл воды. Определить потери стронция (в граммах) при промывании.

Практическое занятие № 7

ВЫЧИСЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ТИТРИМЕТРИЧЕСКИХ ОПРЕДЕЛЕНИЙ

Цель занятия: научиться вычислять результаты титриметрических определений.

Общая характеристика титриметрического анализа представлена в книжке: Никитина, Н. Г. Аналитическая химия. 4-е изд. С. 138–140. (№ 7 в списке литературы).

Расчеты в титриметрическом анализе: Борисов, А. Н. Аналитическая химия. Расчеты в количественном анализе. 2-е изд., испр. и доп. С. 56–65 (№ 5 в списке литературы).

Индивидуальные задания:

1. Рассчитайте и постройте кривую титрования кислоты (1–5) или основания (6 – 10) раствором гидроксида натрия (1–5) или раствором хлороводородной кислоты (6–10). Определите концентрацию ионов водорода и рН для точек 0; 10; 50; 75; 90; 99; 99,9; 100 и 100,1; 101 и 110 % прибавленного титранта. Определите пределы скачка кривой титрования и подберите не менее двух индикаторов для этого титрования, рассчитайте ошибки, возникающие при использовании выбранных индикаторов:

Номер задачи	1	2	3	4	5
Концентрация раствора кислоты, М	0,05 HNO ₂	0,08 HF	0,05 HCOOH	0,01 HCl	0,05 HCl
Концентрация раствора NaOH, М	0,05	0,08	0,05	0,01	0,1
Номер задачи	6	7	8	9	10
Концентрация раствора основания, М	0,01 NaOH	0,1 NH ₄ OH	0,1 NH ₄ OH	0,05 KOH	0,2 NH ₄ OH
Концентрация раствора HCl, М	0,1	0,05	0,1	0,1	0,1

2. Навеску карбоната натрия массой 0,1054 г обработали 25 мл 0,2 М раствора хлороводородной кислоты; остаток кислоты оттитровали 25,4 мл 0,12 М раствора гидроксида натрия. Вычислите массовую долю карбоната натрия в образце.

3. Из навески карбоната натрия массой 1,17 г с примесью гидрокарбоната натрия приготовили раствор в мерной колбе на 200 мл. На титрование 20 мл этого раствора в присутствии индикатора фенолфталеина израсходовано 9,8 мл 0,1115 н раствора хлороводородной кислоты. Какой объем хлороводородной кисло-

ты пойдет на титрование той же пробы с метиловым оранжевым? Вычислите массовую долю гидрокарбоната натрия в образце.

Практическое занятие № 8

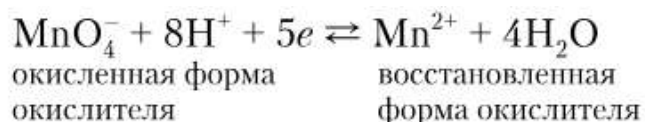
РАСЧЕТЫ В ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНОМ ТИТРОВАНИИ

Цель занятия: научиться проводить расчеты в окислительно-восстановительном титровании.

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ:

При титровании методами окисления-восстановления происходят окислительно-восстановительные реакции.

Ион, проявляющий в реакции окислительные свойства, принимает электроны и превращается в свою восстановленную форму. Например:



Главной характеристикой восстановителя и окислителя является величина окислительно-восстановительного потенциала.

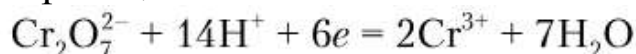
Рассчитывают его уравнению Нернста:

$$\varphi_{\text{Окисл/Восст}} = \varphi_{\text{Окисл/Восст}}^0 + \frac{RT}{nF} \lg \frac{[\text{Окисл}]}{[\text{Восст}]},$$

или

$$\varphi_{\text{Окисл/Восст}} = \varphi_{\text{Окисл/Восст}}^0 + \frac{0,058}{nF} \lg \frac{[\text{Окисл}][\text{H}^+]^m}{[\text{Восст}]}.$$

Например, для реакции:



$$\varphi_{\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}/\text{Cr}^{3+}} = 1,33 + \frac{0,058}{6} \lg \frac{[\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}][\text{H}^+]^{14}}{[\text{Cr}^{3+}]^2}.$$

Выполняется следующее условие: чем больше стандартный потенциал пары, тем более сильным окислителем является ее

окисленная форма и тем более слабым восстановителем – восстановленная форма.

Направление ОВР подчиняется правилу: реакция идет от большего окислительного потенциала к меньшему.

Индивидуальные задания:

1. Как зависит величина окислительно-восстановительного потенциала от концентрации ионов водорода?
2. От каких факторов зависит скорость ОВР?
3. Какие реакции называют индуцированными (сопряженными)?
4. Задания представлены на страницах 179–180 Никитина, Н. Г. Аналитическая химия. 4-е изд. (№ 7 в списке литературы).

Самостоятельная работа

Номер варианта соответствует порядковому номеру обучающегося в списке группы.

Самостоятельная работа №1

Способы выражения концентраций растворов.

Задание на страницах 15–17. Борисов, А. Н. Аналитическая химия. Расчеты в количественном анализе. 2-е изд., испр. и доп. (№ 5 в списке литературы).

- | | |
|------------|------------|
| 1. 1, 36 | 14. 14, 23 |
| 2. 2, 35 | 15. 15, 22 |
| 3. 3, 34 | 16. 16, 21 |
| 4. 4, 33 | 17. 17, 20 |
| 5. 5, 32 | 18. 18, 19 |
| 6. 6, 31 | 19. 19, 36 |
| 7. 7, 30 | 20. 20, 35 |
| 8. 8, 29 | 21. 21, 34 |
| 9. 9, 28 | 22. 22, 32 |
| 10. 10, 27 | 23. 23, 33 |
| 11. 11, 26 | 24. 24, 31 |
| 12. 12, 25 | 25. 25, 30 |
| 13. 13, 24 | 26. 26, 6 |

Самостоятельная работа №2

Равновесие в водных растворах кислот и оснований.

Задание на страницах 25–27. Борисов, А. Н. Аналитическая химия. Расчеты в количественном анализе. 2-е изд., испр. и доп. (№ 5 в списке литературы).

- | | |
|------------|------------|
| 1. 1, 35 | 14. 14, 23 |
| 2. 2, 26 | 15. 15, 22 |
| 3. 3, 34 | 16. 16, 21 |
| 4. 4, 33 | 17. 17, 20 |
| 5. 5, 32 | 18. 18, 19 |
| 6. 6, 31 | 19. 19, 10 |
| 7. 7, 30 | 20. 20, 35 |
| 8. 8, 29 | 21. 21, 34 |
| 9. 9, 28 | 22. 22, 32 |
| 10. 10, 27 | 23. 23, 33 |
| 11. 11, 26 | 24. 24, 31 |
| 12. 12, 25 | 25. 25, 30 |
| 13. 13, 24 | 26. 26, 6 |

Самостоятельная работа №3

Химическое равновесие в гомогенных и гетерогенных системах.

Задание на страницах 33–35. Никитина, Н. Г. Аналитическая химия. 4-е изд., пер. и доп. (№ 7 в списке литературы).

- | | |
|------------|------------|
| 1. 1, 28 | 14. 14, 15 |
| 2. 2, 27 | 15. 15, 26 |
| 3. 3, 26 | 16. 16, 24 |
| 4. 4, 25 | 17. 17, 22 |
| 5. 5, 24 | 18. 18, 20 |
| 6. 6, 23 | 19. 19, 28 |
| 7. 7, 22 | 20. 20, 18 |
| 8. 8, 21 | 21. 21, 16 |
| 9. 9, 20 | 22. 22, 14 |
| 10. 10, 19 | 23. 23, 12 |
| 11. 11, 18 | 24. 24, 10 |
| 12. 12, 17 | 25. 25, 8 |
| 13. 13, 16 | 26. 26, 6 |

Самостоятельная работа №4

Окислительно-восстановительные реакции в химическом анализе.

Задание на страницах 44–45. Никитина, Н. Г. Аналитическая химия. 4-е изд., пер. и доп. (№ 7 в списке литературы).

- | | |
|------------|------------|
| 1. 1, 22 | 14. 14, 3 |
| 2. 2, 21 | 15. 15, 4 |
| 3. 3, 20 | 16. 16, 5 |
| 4. 4, 19 | 17. 17, 6 |
| 5. 5, 18 | 18. 18, 7 |
| 6. 6, 17 | 19. 19, 8 |
| 7. 7, 16 | 20. 20, 9 |
| 8. 8, 15 | 21. 21, 10 |
| 9. 9, 14 | 22. 22, 11 |
| 10. 10, 13 | 23. 20, 12 |
| 11. 11, 12 | 24. 19, 13 |
| 12. 12, 1 | 25. 21, 14 |
| 13. 13, 2 | 26. 18, 15 |

Самостоятельная работа №5

Гравиметрический анализ.

Задание на страницах 134–136. Никитина, Н. Г. Аналитическая химия. 4-е изд., пер. и доп. (№ 7 в списке литературы).

- | | |
|------------|------------|
| 1. 1, 36 | 14. 14, 23 |
| 2. 2, 35 | 15. 15, 22 |
| 3. 3, 34 | 16. 16, 21 |
| 4. 4, 33 | 17. 17, 20 |
| 5. 5, 32 | 18. 18, 19 |
| 6. 6, 31 | 19. 19, 35 |
| 7. 7, 30 | 20. 20, 33 |
| 8. 8, 29 | 21. 21, 31 |
| 9. 9, 28 | 22. 22, 29 |
| 10. 10, 26 | 23. 23, 32 |
| 11. 11, 27 | 24. 24, 9 |
| 12. 12, 25 | 25. 25, 11 |
| 13. 13, 24 | 26. 26, 18 |

Самостоятельная работа №6

Кислотно-основное титрование.

Задание на страницах 157–159. Никитина, Н. Г. Аналитическая химия. 4-е изд., пер. и доп. (№ 7 в списке литературы).

- | | |
|------------|------------|
| 1. 1, 30 | 14. 14, 17 |
| 2. 2, 29 | 15. 15, 16 |
| 3. 3, 28 | 16. 16, 30 |
| 4. 4, 27 | 17. 17, 29 |
| 5. 5, 26 | 18. 18, 28 |
| 6. 6, 25 | 19. 19, 27 |
| 7. 7, 24 | 20. 20, 26 |
| 8. 8, 23 | 21. 21, 25 |
| 9. 9, 22 | 22. 22, 23 |
| 10. 10, 21 | 23. 23, 19 |
| 11. 11, 20 | 24. 24, 18 |
| 12. 12, 19 | 25. 25, 16 |
| 13. 13, 18 | 26. 26, 15 |

Самостоятельная работа №7

Окислительно-восстановительное титрование.

Задание на страницах 179–180. Никитина, Н. Г. Аналитическая химия. 4-е изд., пер. и доп. (№ 7 в списке литературы).

- | | |
|------------|------------|
| 1. 1, 27 | 14. 14, 27 |
| 2. 2, 26 | 15. 15, 26 |
| 3. 3, 25 | 16. 16, 25 |
| 4. 4, 24 | 17. 17, 24 |
| 5. 5, 23 | 18. 18, 23 |
| 6. 6, 22 | 19. 19, 22 |
| 7. 7, 21 | 20. 20, 21 |
| 8. 8, 20 | 21. 21, 2 |
| 9. 9, 19 | 22. 22, 4 |
| 10. 10, 18 | 23. 23, 6 |
| 11. 11, 17 | 24. 24, 8 |
| 12. 12, 16 | 25. 25, 10 |
| 13. 13, 15 | 26. 26, 12 |

Самостоятельная работа №8

Комплексонометрическое титрование.

Задание на страницах 190–191. Никитина, Н. Г. Аналитическая химия. 4-е изд., пер. и доп. (№ 7 в списке литературы).

- | | |
|-----------|-----------|
| 1. 1, 11 | 14. 9, 2 |
| 2. 2, 10 | 15. 6, 1 |
| 3. 3, 9 | 16. 5, 8 |
| 4. 4, 8 | 17. 10, 5 |
| 5. 5, 7 | 18. 11, 9 |
| 6. 6, 11 | 19. 1, 7 |
| 7. 7, 10 | 20. 3, 6 |
| 8. 8, 9 | 21. 2, 4 |
| 9. 9, 7 | 22. 7, 3 |
| 10. 10, 6 | 23. 6, 2 |
| 11. 11, 5 | 24. 5, 1 |
| 12. 10, 4 | 25. 8, 10 |
| 13. 8, 3 | 26. 4, 11 |

3 КУРС / 5 СЕМЕСТР

Практическое занятие № 9

МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ МЕТОДОВ АНАЛИЗА

Цель занятия: научиться определять метрологические характеристики инструментальных методов анализа.

Александрова, Э. А. Аналитическая химия в 2 кн. Кн. 2. Физико-химические методы анализа. 3-е изд., испр. и доп. С. 11–15 (№ 2 в списке литературы).

Индивидуальные задания:

1. Каковы преимущества физико-химических методов анализа над химическими?
2. Что такое чувствительность метода? Укажите ее количественные характеристики?
3. Дайте определение понятий: воспроизводимость и точность результатов анализа.
4. Каковы особенности объектов анализа в сельском хозяйстве и агроэкологии?
5. Дайте характеристику основных физико-химических методов анализа, применяемых в агрохимии, почвоведении и агроэкологии?
6. Какие методы анализа можно использовать для определения фосфатов в почве?
7. Выберите методы анализа для определения в почвенной вытяжке а) калия, б) органических веществ, в) ионов водорода?
8. По каким признакам классифицируют физико-химические методы анализа? Какие методы используют для элементарного анализа?

Практическое занятие № 10

АНАЛИТИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ ОБЪЕКТОВ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Цель занятия: изучить аналитический контроль объектов окружающей среды.

Александрова, Э. А. Аналитическая химия в 2 кн. Кн. 2. Физико-химические методы анализа. 3-е изд., испр. и доп. С. 18–22 (№ 2 в списке литературы).

Индивидуальные задания:

1. Каковы основные задачи физико-химических методов анализа в агрохимии, почвоведении, агроэкологии?
2. Дайте определение понятия: «агроэкологический мониторинг»?
3. Какие вещества представляют наибольшую опасность для объектов окружающей среды?

4. Какие задачи возникают при анализе природных вод, почвы по содержанию загрязняющих веществ?

5. Каковы требования к методам анализа объектов окружающей среды?

6. Используя данные таблицы 1 и рис. 3, выберите методы анализа для определения в воде а) мышьяка, б) ртути, в) фтора.

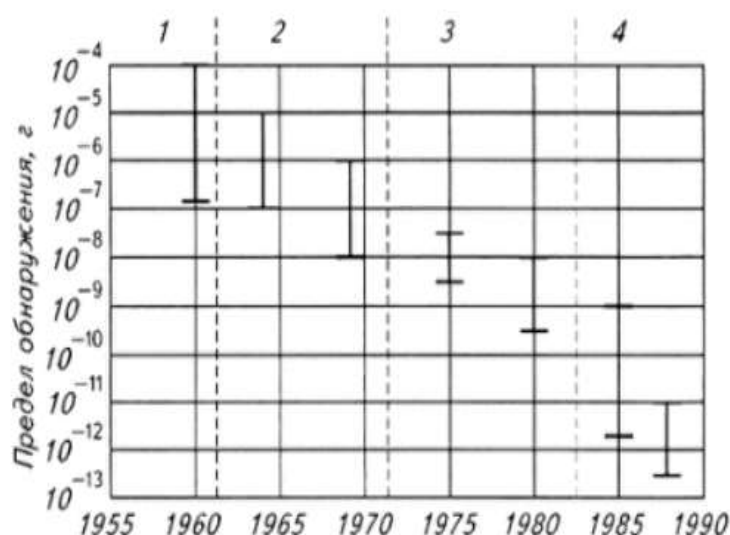


Рис. 3 Изменение пределов обнаружения методов анализа с 1955 по 1990 гг.: 1 – химические; 2 – атомно-абсорбционная спектроскопия (ААС) с пламенной атомизацией; 3 – ААС с электротермической атомизацией; 4 – масс-спектрометрия с индуктивно-связанной плазмой

Таблица 1

Значения ПДК особо опасных загрязнителей воды и почвы

Почва				Вода	
Вещество	мг/кг	Вещество	мг/кг	Вещество	мг/кг
ДДТ	1,0	Мышьяк	20,0	Бензол	0,5
ГХЦГ	1,0	Ртуть	2,1	Нитробензол	0,2
Полихлорпинен	0,5	Свинец	20,0	Нитрофенол	0,06
Полихлоркамфен	0,5	Кадмий	3,0	Вольфрам	0,1
Прометрин	0,5	Хром	100,0	Мышьяк	0,05
Севин	0,05	Никель	50,0	Ртуть	0,005
Хлорофос	0,5	Медь	50,0	Свинец	0,1
Карбофос	2,0	Цинк	50,0	Фтор	1,5
Хлорамин	0,005	Кобальт	50,0	Цианиды	0,1
Бензпирен	0,02	Сурьма	5,0	Этилмеркурхлорид	0,01
Метанол	1,5	Стронций	10,0	Бензин	0,1
Метафос	0,008	Молибден	5,0	Керосин	0,1

Практическое занятие № 11

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ ПО ТЕМЕ «МЕТОДЫ РАЗДЕЛЕНИЯ И КОНЦЕНТРИРОВАНИЯ»

Цель занятия: научиться решать задачи на разделение, концентрирование и устранение мешающих анализу компонентов.

Маскирование, экстракция, хроматография, сорбция, электрохимические методы разделения: Никитина, Н. Г. Аналитическая химия. 4-е изд., пер. и доп. С. 207–214 (№ 7 в списке литературы).

Индивидуальные задания:

1. Перечислите методы разделения и концентрирования примесей при анализе.

2. В чем сущность абсолютного и относительного концентрирования примесей при анализе?

3. Перечислите наиболее эффективные методы концентрирования примесей при анализе сточных и природных вод.

4. Каким способом осуществляется маскирование мешающих компонентов при анализе?

5. В чем суть процесса экстракции? Приведите примеры применения экстракции для разделения элементов в анализе.

6. В чем суть разделения компонентов с помощью хроматографии?

7. Приведите примеры применения электрохимических методов для разделения и концентрирования примесей.

8. Для определения концентрации олова в сплаве приготовлены стандартные растворы, при анализе которых методом полярографии получены следующие данные:

$C \cdot 10^6$, г/мл	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5
h волны, мм	4,0	8,0	12,0	16,0	20,0

Определите массовую долю олова в 2,5 г пробы, если при анализе 50 мл раствора высота волны составила 6 мм.

9. При полярографировании серии стандартных растворов Cd^{2+} и исследуемого раствора Cd^{2+} были получены следующие данные:

C , мг/мл	0,2	0,4	08	1,0	x
h волны, мм	15	30	60	75	50

Во всех случаях брали одинаковые объемы анализируемого и стандартных растворов и добавляли одинаковые количества реагентов. Рассчитайте концентрацию анализируемого раствора.

10. Концентрация исходного стандартного раствора Cd^{2+} равнялась 10 мг / мл. В серии стандартных растворов брали разные объемы этого раствора V мл, добавлялись реактивы, и растворы разбавлялись до 50 мл. Получены следующие данные:

V , мл	1	2	4	8
h волны, мм	17	34	68	136

Практическое занятие № 12

РАСЧЕТ ЗАДАЧ С ПРИМЕНЕНИЕ ЗАКОНА БУГЕРА–ЛАМБЕРТА–БЕРА

Цель занятия: научиться решать задачи с применением объединенного закона Бугера–Ламберта–Бера.

Общие принципы фото- и спектрофотометрии: Никитина, Н. Г. Аналитическая химия. 4-е изд., пер. и доп. С. 267–274 (№ 7 в списке литературы).

Задача 1: Светопропускание исследуемого раствора равно 80 %. Вычислите оптическую плотность этого раствора.

Решение:

$$A = 2 - \lg T = 2 - \lg 80 = 0,097.$$

Индивидуальные задания:

1. Рассчитайте минимально определяемую массу (мг) железа (III) по реакции с сульфосалициловой кислотой в аммиачной среде при использовании кюветы с толщиной слоя $l = 8$ см; объем

окрашенного раствора $V = 6$ мл. Молярный коэффициент поглощения равен 3500. Минимальная оптическая плотность, измеряемая прибором 0,01.

2. Молярный коэффициент поглощения KMnO_4 при длине волны 588 нм равен 2504. Оптическая плотность исследуемого раствора в кювете с $l = 5$ см равна 1,2. Определите чему равен $T(\text{KMnO}_4/\text{Mn})$, г / мл.

3. Вычислите чувствительность определения азобензола (моль / л) образующего окрашенный раствор при $\lambda = 438$ нм. Молярный коэффициент поглощения азобензола $\epsilon = 1100$ ($A = 0,356$; $l = 5$ см).

4. Вычислите молярный коэффициент поглощения железа по реакции с ортофенантралином (FeR_3) при $\lambda = 390$ нм, толщиной поглощающего слоя $l = 5$ см и концентрации, равной 0,52 мкг / мл. Величина оптической плотности равна 0,05.

5. Рассчитайте молярную концентрацию Mn (VII) и Cr (VI) в растворе по следующим данным:

1) ϵ при 550 нм для Cr (VI) = 0, для Mn (VII) – 2100.

2) ϵ при 430 нм для Cr (VI) = 220, для Mn (VII) – 500.

Оптическая плотность при 430 нм – 0,44, при 550 нм – 0,81 (кювета толщиной 1 см).

6. Для определения правильности измерений спектрофотометра используют раствор KNO_3 . Рассчитайте молярный коэффициент поглощения раствора KNO_3 , если 30,36 г KNO_3 растворили в 1 л воды, оптическая плотность раствора равнялась 1,04 в кювете 5 мм.

Практическое занятие № 13

ПРОИСХОЖДЕНИЕ АТОМНЫХ СПЕКТРОВ

Цель занятия: изучить происхождение атомных спектров.

Происхождение атомных спектров, а также атомно-эмиссионный спектральный анализ: Александрова, Э. А. Аналитическая химия в 2 кн. Кн. 2. Физико-химические методы анализа. 3-е изд., испр. и доп. С. 24–38 (№ 2 в списке литературы).

Примеры решения задач по теме атомно-эмиссионный спектральный анализ: Никитина, Н. Г. Аналитическая химия. 4-е изд., пер. и доп. С. 232–242 (№ 7 в списке литературы).

Индивидуальные задания:

1. В спектре пробы между линиями железа $\lambda_1 = 310,586$ нм и $\lambda_2 = 311,241$ нм имеется еще одна линия. Вычислите длину волны этой линии λ_x , если на экране прибора она удалена от первой линии железа на 1,5 мм, а от второй – на 2,5 мм.

2. Запишите уравнение Ломакина.

3. Что называется гомологической парой линий?

4. В чем сущность атомно-эмиссионного метода анализа?

5. Происхождение атомных спектров?

6. Определите процентное содержание кремния в арсениде галлия по следующим значениям почернений S линий гомологической пары (таблица 2).

7. Постройте калибровочный график и определите по нему содержание сурьмы в свинце, воспользовавшись измеренными значениями почернений аналитических линий в спектрах стандартов и исследуемой пробы, приведенными в таблице 3.

Таблица 2

Данные для задачи 6

Варианты	Концентрация в пробе, %	Эталоны			Исследуемый образец
		I	II	III	
I	C_{Si}	0,33	0,89	3,03	x_1
	S_{Fe}	1,33	1,24	1,14	1,08
	S_{Si}	0,95	1,06	1,20	0,96
II	C_{Si}	0,10	0,38	1,90	x_2
	S_{Fe}	0,98	0,94	0,99	0,75
	S_{Si}	0,71	0,90	1,24	0,61
III	C_{Si}	0,005	0,21	0,30	x_3
	S_{Fe}	0,72	0,74	0,78	0,73
	S_{Si}	0,53	0,90	1,03	0,91

Таблица 3

**Результаты спектрального анализа
по определению сурьмы в свинце**

Образец	$C_{Sb}, \%$	$\lg C$	N_{cp}	S_{Sb}	S_{Pb}	ΔS	ΔS_{cp}
Стандартный	0,12	-0,92	1	0,82	1,61	-0,80	-0,79
			2	0,67	1,45	-0,78	
			3	0,85	1,63	-0,78	
			4	0,78	1,58	-0,80	
			5	0,82	1,61	-0,79	
Стандартный II	0,38	-0,42	1	1,24	1,58	-0,34	-0,35
			2	1,17	1,52	-0,35	
			3	1,21	1,56	-0,35	
			4	1,20	1,55	-0,35	
			5	1,19	1,56	-0,37	
Стандартный III	1,25	0,10	1	1,62	1,58	+0,04	+0,06
			2	1,56	1,49	+0,07	
			3	1,72	1,66	+0,06	
			4	1,63	1,58	+0,05	
			5	1,72	1,66	+0,06	
Проба	C_x		1	1,00	1,57	-0,57	-0,62
			2	1,05	1,70	-0,65	
			3	1,10	1,73	-0,63	
			4	0,98	1,61	-0,63	
			5	0,95	1,59	-0,64	

Практическое занятие № 14

**АБСОРБЦИОННАЯ СПЕКТРОСКОПИЯ
В УФ И ВИДИМОЙ ОБЛАСТЯХ**

Цель занятия: рассмотреть абсорбционную спектроскопию в УФ и видимой областях.

Теоретические основы атомно-абсорбционного спектрального анализа: Александрова, Э. А. Аналитическая химия в 2 кн. Кн. 2. Физико-химические методы анализа. 3-е изд., испр. и доп. С. 55–65 (№ 2 в списке литературы).

Атомно-абсорбционная спектроскопия. Примеры решения задач по теме атомно-эмиссионный спектральный анализ: Ники-

тина, Н. Г. Аналитическая химия. 4-е изд., пер. и доп. С. 246–251 (№ 7 в списке литературы).

Индивидуальные задания:

1. При определении марганца в алюминии атомно-абсорбционным методом при длине волны 279,5 нм был построен калибровочный график по следующим данным:

$C(\text{Mn})$, мкг/мл	0,5	1,0	1,5	2,0
$A(\text{Mn})$, делений шкалы	12	25	37	49

Навеску анализируемого образца массой 0,4 г растворили в смеси кислот и перенесли в мерную колбу вместимостью 100 мл. Определите массовую долю марганца в алюминии (в %).

2. При определении магния методом добавок в две мерные колбы вместимостью 50 мл прилили по 30 мл анализируемого раствора и в одну из них 10 мл стандартного раствора магния с концентрацией 4 мкг/мл, после чего объемы растворов в мерной колбе довели до метки дистиллированной водой.

Атомное поглощение этих растворов при 285,2 нм оказалось равным 20 и 26 единиц соответственно. Определить концентрацию магния (C_x) в анализируемом растворе (мг / л) расчетным методом.

3. В чем сущность атомно-абсорбционного анализа?

4. Какие физические процессы происходят в атомизаторе?

5. Каким уравнением описывается поглощение в атомной плазме?

6. Какие приборы используются в атомно-абсорбционном анализе?

7. Каким требованиям должен удовлетворять источник света?

8. Какие области спектра исследуются в атомно-абсорбционном методе?

9. При атомно-абсорбционном определении меди в электролите методом сравнения анализируемый раствор разбавили в 100 раз. Атомное поглощение этого раствора при 324,8 нм составляет 24 ед. шкалы прибора. Стандартный раствор с концентрацией 100 мкг / мл имеет поглощение 32 ед. Определите концентрацию меди (в г / л) в этом электролите.

10. При определении цинка в чистом алюминии методом сравнения взяли навеску алюминия массой 1 г, растворили в кислоте и перенесли в мерную колбу вместимостью 100 мл. Атомное поглощение этого раствора при 213,9 нм составляет 6 делений шкалы прибора. Стандартный раствор цинка концентрацией 0,6 мкг / мл дает показание прибора по шкале 11,5 делений. Определите массовую долю цинка в алюминии.

Практическое занятие № 15

ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫЙ МЕТОД АНАЛИЗА

Цель занятия: рассмотреть люминесцентный метод анализа.

Общая характеристика люминесценции. Применение метода люминесценции: Никитина, Н. Г. Аналитическая химия. 4-е изд., пер. и доп. С. 256–263 (№ 7 в списке литературы).

Индивидуальные задания:

1. Анализируемый раствор урана объемом 0,1 мл высушен и сплавлен со 100 мл смеси NaF и Na₂CO₃ (9 : 91). Рассчитайте концентрацию урана в растворе по следующим данным определения его люминесцентным методом: относительная люминесценция сплава составила 38 % от люминесценции стандарта, содержащего 0,8 мкг урана.

2. При люминесцентном определении концентрации Al³⁺ в дистиллированной воде к 10 мл этой воды добавлен сульфосалицилаль-о-амидофенол и вода до 20 мл. В аналогичных условиях приготовлены растворы известной концентрации алюминия. При измерении интенсивности люминесценции растворов получены следующие результаты:

С, мкг Al	0,04	0,06	0,08	х
Интенсивность $I_{\text{л}}$	11	17	23	19

Рассчитайте концентрацию алюминия в воде.

3. Что такое люминесценция?

4. Укажите преимущества и недостатки люминесцентного метода анализа?

5. В чем заключается механизм флуоресценции?

6. Укажите, как связаны между собой спектры поглощения и флуоресценции?

7. Что такое гашение флуоресценции? Какие факторы приводят к гашению флуоресценции?

8. Интенсивность люминесценции исследуемого раствора алюминия в 8-ок-сихинолине составила 0,99 усл.ед. Определите его концентрацию в этом растворе (г / мл), если интенсивность люминесценции стандартного раствора, содержащего 5 мкг алюминия в 1 мл, в тех же условиях, составила 0,45 усл.ед. Интенсивность люминесценции в условиях определения пропорциональна концентрации алюминия.

Практическое занятие № 16

ИССЛЕДОВАНИЕ СПЕКТРОВ ИК И КОМБИНАЦИОННОГО РАССЕЯНИЯ

Цель занятия: исследовать спектры ИК и комбинационного рассеяния.

Происхождение молекулярных спектров ИК области. Абсорбционный ИК спектральный анализ. Количественный и качественный анализ по ИК спектрам. Спектроскопия комбинационного рассеяния: Александрова, Э. А. Аналитическая химия в 2 кн. Кн 2. Физико-химические методы анализа. 3-е изд., испр. и доп. С. 123–129 (№ 2 в списке литературы).

Общие принципы ИК спектроскопии: Никитина, Н. Г. Аналитическая химия. 4-е изд., пер. и доп. С. 287–289 (№ 7 в списке литературы).

Индивидуальные задания:

1. В чем сущность ИК спектрометрии?

2. Каков главный признак комбинационного рассеяния?

3. Укажите область применения метода КР?

4. Для анализа каких соединений используют ИК спектрометрию?
5. В чем сущность идентификации веществ по ИК спектрам?
6. Как проводят количественный анализ по ИК спектрам?
7. Опишите качественный анализ с помощью метода ИК–спектроскопии.
8. Приборы ИК спектрометрии.
9. Виды комбинационного рассеяния?
10. Метрологические характеристики и области применения ИК и КР?

Практическое занятие № 17

РЕШЕНИЕ РАСЧЕТНЫХ ЗАДАЧ ПО ТЕМЕ «РАСЧЕТ КОНЦЕНТРАЦИИ ВЕЩЕСТВА МЕТОДОМ ГРАДУИРОВОЧНОГО ГРАФИКА»

Цель занятия: научиться производить расчет концентрации вещества методом градуировочного графика.

Задача 1:

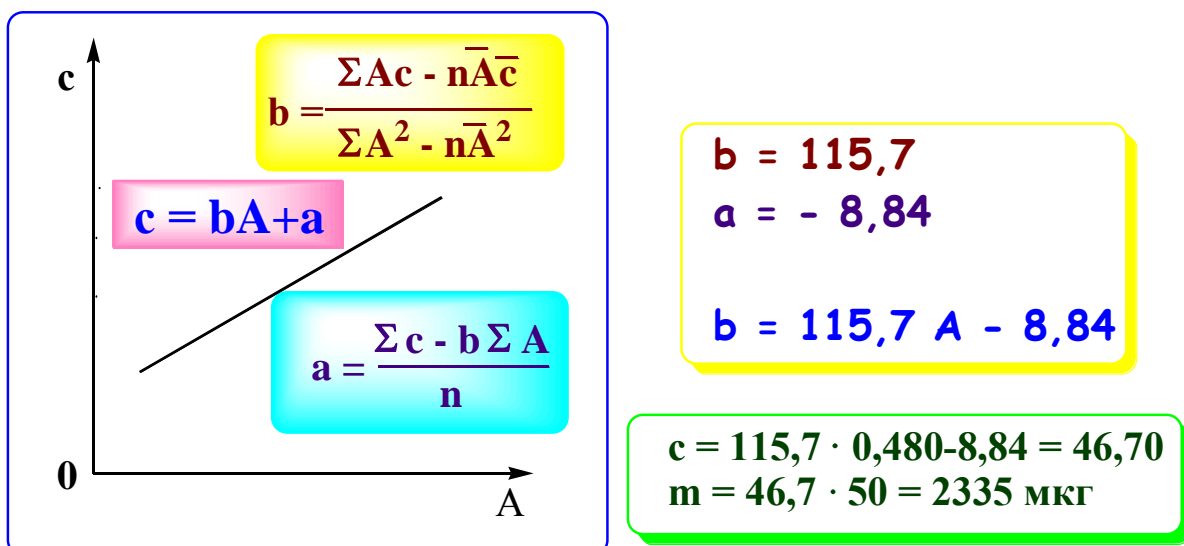
При измерении оптической плотности в одинаковых условиях (длина волны 340 нм, толщина поглощающего слоя – 1,00 см) растворов калия дихромата с разной концентрацией хрома (мкг / мл) получены следующие результаты:

	1	2	3	4	X
с, мкг / мл	30,0	40,0	50,0	60,0	
A	0,344	0,410	0,510	0,597	0,480

Изобразите примерный вид градуировочного графика; методом наименьших квадратов рассчитайте обратное уравнение градуировочного графика $c = bA + a$; определите концентрацию хрома (мкг / мл) в растворе X, имеющем оптическую плотность 0,480.

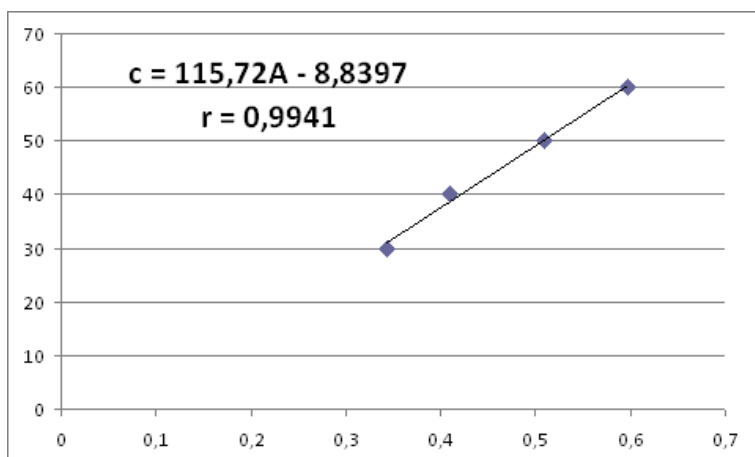
Рассчитайте массу хрома (мг) в анализируемой пробе, если ее растворили в присутствии концентрированной серной кислоты в воде дистиллированной в мерной колбе объемом 50,00 мл (раствор X).

Решение: а) Расчет методом наименьших квадратов



б) Расчет с помощью программы Excel

Дихромат	
длина волны 340 нм	
A	c(мкг/мл)
0,344	30,0
0,41	40,0
0,51	50,0
0,597	60,0
0,48	46,71



m
хрома **2335** мкг

Ответ: $c = 115,72 A - 8,8397$ ($r = 0,9941$); масса хрома в пробе 2,34 мг

Индивидуальные задания:

1. При измерении оптической плотности в одинаковых условиях (длина волны 400 нм, толщина поглощающего слоя – 1,00 см) растворов никеля (II) нитрата с разной концентрацией никеля (мг / мл) получены следующие результаты:

	1	2	3	4	5	X
c, мг/мл	6,00	8,00	10,0	12,0	14,0	
A	0,230	0,280	0,330	0,370	0,420	0,350

Изобразите примерный вид градуировочного графика; методом наименьших квадратов рассчитайте обратное уравнение гра-

градуировочного графика $c = bA + a$; определите концентрацию никеля (мг / мл) в растворе X, имеющем оптическую плотность 0,350.

Рассчитайте массу никеля (мг) в анализируемой пробе, если ее количественно перенесли в мерную колбу объемом 25,00 мл и развели водой дистиллированной в присутствии азотной кислоты до метки (раствор X).

2. При измерении оптической плотности в одинаковых условиях (длина волны 620 нм, толщина поглощающего слоя – 1,00 см) растворов меди (II) в виде аммиачного комплекса с разной концентрацией меди (мкг / мл) получены следующие результаты:

	1	2	3	4	5	6	7	X
c, мкг/мл	2,00	3,00	4,00	5,00	6,00	8,00	10,00	
A	0,052	0,087	0,116	0,143	0,171	0,230	0,293	0,150

Изобразите примерный вид градуировочного графика; методом наименьших квадратов рассчитайте обратное уравнение градуировочного графика $c = bA$; определите концентрацию меди (мкг / мл) в растворе X, имеющем оптическую плотность 0,150.

Рассчитайте массу меди (мкг) в анализируемой пробе, если ее количественно перенесли в мерную колбу объемом 25,00 мл и до метки развели водой дистиллированной в присутствии избытка аммиака (раствор X).

Практическое занятие № 18

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ ПО ТЕМЕ «ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ ВЕЩЕСТВА ВОЛЬТАМПЕРОМЕТРИЧЕСКИМ МЕТОДОМ АНАЛИЗА»

Цель занятия: научиться проводить расчет концентрации вещества вольтамперометрическим методом.

Основы вольтамперометрии (полярографии): Александрова, Э. А. Аналитическая химия в 2 кн. Кн. 2. Физико-химические методы анализа. 3-е изд., испр. и доп. С. 205–217 (№2 в списке литературы).

Вольтамперометрические методы: Никитина, Н. Г. Аналитическая химия. 4-е изд., пер. и доп. С. 336–360 (№ 7 в списке литературы).

Индивидуальные задания:

1. Что выражает полярография?
2. Классификация полярографических методов.
3. Какие методы определения концентрации веществ в полярографии наиболее распространены?
4. При полярографировании исследуемого раствора, содержащего ионы цинка, были получены следующие данные:

$E, \text{ В}$	0,40	0,50	0,6	0,65	0,70	0,75	1,00
$I_d, \text{ мкА}$	0	0	0,5	10	27	35	38

Определите высоту полярографической волны графическим методом.

5. Рассчитайте константу диффузионного тока для Cd^{2+} по следующим данным:

$I_d, \text{ мкА}$	0,205	0,418	1,05	2,12
$c, \text{ моль/л}$	0,05	0,10	0,25	0,50

Сравнивая значения константу для различных концентраций, сделайте вывод о возможности определения кадмия градуировочного графика: $I_d=f(c)$.

6. Определите, какой элемент присутствует в исследуемом растворе, если при полярографировании на ртутном капельном электроде на фоне 1 М раствора КОН был получен потенциал полуволны 1,03 В.

7. Вычислите молярную концентрацию циркония в растворе, если при анализе 25 мл исследуемого раствора была получена высота волны 30 мм, а после добавления 3 мл стандартного раствора с концентрацией 0,06 М высота волны увеличилась до 35 мм.

8. Вычислите концентрацию кадмия в растворе, если при анализе 15 мл раствора, содержащего Cd^{2+} , высота полярографической волны кадмия составила 20,5 мм, а после добавления 2 мл стандартного раствора с концентрацией 0,053 моль / л раствора хлорида кадмия высота волны увеличилась до 24,3 мм. Ответ выразите в мг / мл. Молярная масса кадмия – 112,411 г / моль.

Самостоятельная работа

Самостоятельная работа №1

Метод разделения определяемых компонентов.

Задачи 8.4 и 8.6 на страницах 253. Никитина, Н. Г. Аналитическая химия. 4-е изд., пер. и доп. (№ 7 в списке литературы).

Самостоятельная работа №2

Методы разделения и концентрирования.

Номер варианта соответствует порядковому номеру обучающегося в списке группы.

Задание на страницах 223–225. Никитина, Н. Г. Аналитическая химия. 4-е изд., пер. и доп. (№ 7 в списке литературы).

1. 1, 15	14. 14, 5
2. 2, 14	15. 15, 9
3. 3, 13	16. 1, 10
4. 4, 12	17. 2, 11
5. 5, 11	18. 3, 12
6. 11, 10	19. 4, 15
7. 7, 9	20. 5, 13
8. 3, 10	21. 12, 4
9. 9, 12	22. 7, 3
10. 10, 13	23. 13, 5
11. 11, 15	24. 9, 7
12. 12, 2	25. 10, 15
13. 13, 1	26. 4, 9

Самостоятельная работа №3

Оптические методы анализа.

Независимо от варианта все решают задачи 9.4 и 9.5 на страницах 253. Никитина, Н. Г. Аналитическая химия. 4-е изд., пер. и доп. (№ 7 в списке литературы).

Самостоятельная работа №4

Люминесцентные методы.

Независимо от варианта все решают задачи 10.1 и 10.2 на страницах 265. Никитина, Н. Г. Аналитическая химия. 4-е изд., пер. и доп. (№ 7 в списке литературы).

Самостоятельная работа №5

Фотометрические методы анализа.

Задачи 11.4 и 11.6 на страницах 292. Никитина, Н. Г. Аналитическая химия. 4-е изд., пер. и доп. (№ 7 в списке литературы).

Самостоятельная работа №6

Электрохимические методы анализа.

Задачи 12.3; 12.4; 12.5 и 12.6 на страницах 318–319. Никитина, Н. Г. Аналитическая химия. 4-е изд., пер. и доп. (№ 7 в списке литературы).

При решении задач, следует пользоваться таблицей:

Потенциалы электродов сравнения по отношению к водородному электроду
при температуре 25°C

Электрод	0,1 н КЭ	1 н КЭ	НКЭ	Хлорсеребряный	
				0,1 н	1,0 н
Потенциал, В	0,337	0,283	0,247	0,290	0,237

Самостоятельная работа №7

Потенциометрия.

Задачи 12.7; 12.8 и 12.9 на странице 319. Никитина, Н. Г. Аналитическая химия. 4-е изд., пер. и доп. (№ 7 в списке литературы).

При решении задач, следует пользоваться таблицей:

Потенциалы электродов сравнения по отношению к водородному электроду
при температуре 25°C

Электрод	0,1 н КЭ	1 н КЭ	НКЭ	Хлорсеребряный	
				0,1 н	1,0 н
Потенциал, В	0,337	0,283	0,247	0,290	0,237

Самостоятельная работа №8

Потенциометрическое титрование.

Задачи 13.1; 13.2; 13.3 и 13.4 на странице 334. Никитина, Н. Г. Аналитическая химия. 4-е изд., пер. и доп. (№ 7 в списке литературы).

3 КУРС / 6 СЕМЕСТР

Практическое занятие № 19

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ ПО ТЕМЕ «ПОТЕНЦИОМЕТРИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ АНАЛИЗА»

Цель занятия: изучить потенциометрический метод анализа.

Потенциометрический анализ: Александрова, Э. А. Аналитическая химия в 2 книгах. книга 2. физико-химические методы анализа. 3-е изд., испр. и доп. С. 153–166 (№ 2 в списке литературы).

Общая характеристика потенциометрического титрования. Примеры решения задач: Никитина, Н. Г. Аналитическая химия. 4-е изд., пер. и доп. С. 320–325 (№ 7 в списке литературы).

Индивидуальные задания:

1. Потенциал хингидронного электрода по отношению к нормальному каломельному равен 0,18 В при 22 °С. Вычислите рН раствора.

2. Вычислите потенциал водородного электрода, опущенного в раствор 0,1 М НСООН, на 50 % оттитрованной 0,1 М КОН.

3. Вычислите потенциал платинового электрода, помещенного в раствор FeSO₄ на 95 % оттитрованного раствором KMnO₄.

4. Какие электроды используются в качестве индикаторных при титровании по реакциям нейтрализации, окисления-восстановления, осаждения и комплексообразования.

5. Какую роль выполняют индикаторные электроды и электроды сравнения?

6. В чем сущность потенциометрического метода анализа?

7. Рассчитайте потенциал хингидронного электрода (В), находящегося в 0,1 М растворе HCl, оттитрованного 0,1 М раствором KOH на: а) 50 %, б) 90 %, в) 100 %.

8. Рассчитайте потенциал платинового электрода (В), в растворе FeSO₄, оттитрованного раствором K₂Cr₂O₇ на а) 50 %, б) 90 %, в) 99 %, г) 100 %. Концентрация ионов водорода в растворе равна 1 моль / л.

9. Вычислите потенциал серебряного электрода, помещенного в раствор, содержащий 0,2 моль в 500 мл раствора, относительно 0,1 н хлоридсеребряного электрода.

10. Рассчитайте потенциал водородного электрода (В) в 0,05 М растворе NaOH, оттитрованного 0,05 М раствором HCl на а) 10 %, б) 50 %, в) 99 %, г) 100 %.

Практическое занятие № 20

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ ПО ТЕМЕ «ХРОМАТОГРАФИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ АНАЛИЗА»

Цель занятия: рассмотреть хроматографический метод анализа.

Сущность хроматографического анализа. Теоретические основы хроматографии: Александрова, Э. А. Аналитическая химия в 2 кн. Кн. 2. физико-химические методы анализа. 3-е изд., испр. и доп. С. 224–232 (№ 2 в списке литературы).

Индивидуальные задания:

1. В чем сущность хроматографии?
2. Какие признаки положены в основу классификации хроматографических методов анализа?
3. Перечислите основные хроматографические системы и укажите их отличительные признаки.

4. Что такое хроматограмма? В чем отличие внутренней хроматограммы от внешней?
5. Каковы основные параметры хроматограммы?
6. Что такое удерживаемый объем и исправленный удерживаемый объем?
7. Какие показатели характеризуют эффективность разделения в хроматографии.
8. Какова длина хроматографической колонки, если число теоретических тарелок равно 10000, а ВЭТТ равно 0,1 мм?
9. Какова ВЭТТ, если число теоретических тарелок равно 12000, а длина колонки 1100.

Практическое занятие № 21

КАЧЕСТВЕННЫЙ И КОЛИЧЕСТВЕННЫЙ ХРОМАТОГРАФИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ

Цель занятия: изучить качественный и количественный хроматографический анализ.

Виды газовой хроматографии. Детекторы в газовой хроматографии. Количественная оценка хроматограмм: Никитина, Н. Г. Аналитическая химия. 4-е изд., пер. и доп. С. 232–240 (№ 7 в списке литературы).

Индивидуальные задания:

1. В чем сущность газовой хроматографии?
2. Какие требования предъявляются к газу-носителю?
3. Каковы особенности газо-жидкостной хроматографии?
4. Изобразите схему газового хроматографа, указав основные блоки и их назначение?
5. Каковы условия разделения органических растворителей?
6. Какие виды детекторов используют в газовой хроматографии?
7. Какой детектор лучше всего подходит при анализе почвы на содержание пестицидов?
8. Рассчитайте содержание газов (%) в смеси по результатам анализа методом ГЖХ

Газ	C ₂ H ₆	C ₃ H ₈	C ₄ H ₁₀	C ₅ H ₁₂
Площадь пика, <i>S</i>	5	7	5	4
<i>k</i>	0,60	0,77	1,00	1,11

9. Какие факторы влияют на точность анализа?

Практическое занятие № 22

АМПЕРОМЕТРИЧЕСКОЕ ТИТРОВАНИЕ

Цель занятия: изучить амперометрическое титрование.

Амперометрическое титрование. Применение амперометрического титрования в анализе: Никитина, Н. Г. Аналитическая химия. 4-е изд., пер. и доп. С. 370–373 (№ 7 в списке литературы).

Индивидуальные задания:

1. При амперометрическом титровании ацетальдегида 2,4-динитрофенилгидразином при потенциале 1,4 В относительно ртути были получены следующие данные:

<i>V</i> , мл	0,2	0,25	0,35	0,45	0,53	0,61	0,69	0,70
Ток, мкА	0	78	63	45	30	30	39	60

Найти точку эквивалентности и содержание ацетальдегида, если титр 2,4-динитрофенилгидразина по ацетальдегиду равен $5,6 \cdot 10^{-6}$ г / л.

2. В чем сущность амперометрического титрования?

3. Какие типы химических реакций используют в амперометрическом титровании?

4. Перечислите индикаторные электроды, которые можно применять в амперометрическом титровании?

5. Как определяют конечную точку амперометрического титрования?

6. Определите титр раствора свинца, если при амперометрическом титровании 10 мл этого раствора 0,6117 н раствором сульфата калия (при *E* = 1 В) были получены следующие данные:

<i>V</i> , мл	0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5
<i>I</i> _{диф} , мкА	260	198	137	75	43	42

7. Вычислите массовую долю свинца в исследуемом растворе, если при амперометрическом титровании 10 мл этого раствора 0,1235 М раствором сульфата калия (при $E = 1$ В) были получены следующие данные:

V, мл	0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5
$I_{\text{диф}}$, мкА	308	240	172	102	42	42

8. При амперометрическом титровании 10 мл раствора цинка раствором $K_4[Fe(CN)_6]$ (при $E = 1$ В) были получены следующие данные:

V, мл	0	0,2	0,4	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3
$I_{\text{диф}}$, мкА	60	60	60	61	61	120	176	280	285

Постройте кривую титрования и определите молярную концентрацию цинка в исследуемом растворе.

Практическое занятие № 23

КОНДУКТOMETРИЯ

Цель занятия: рассмотреть сущность кондуктометрического анализа.

Кондуктометрия. Применение кондуктометрии в анализе: Никитина, Н. Г. Аналитическая химия. 4-е изд., пер. и доп. С. 373–377 (№ 7 в списке литературы).

Индивидуальные задания:

1. Что такое электропроводность раствора? В каких единицах она рассчитывается?
2. Что такое удельная электропроводность?
3. Укажите какая существует зависимость между удельным сопротивлением и удельной электропроводностью.
4. Укажите, какой из факторов влияет на удельную электропроводность?
5. Как зависит эквивалентная электропроводность от скорости передвижения (подвижности) катионов и анионов?
6. Рассчитайте, чему равна сила тока (А), протекающего через раствор серной кислоты с массовой долей 10% ($\rho = 1,07$), если

площадь электрода $2,5 \text{ см}^2$, расстояние между электродами 1 см, напряжение на электродах 0,5 В, удельная электропроводность $0,15 \text{ См} \cdot \text{см}^{-1}$.

7. Определите константу диссоциации NH_4OH , если эквивалентная электропроводность $8,2 \cdot 10^{-3} \text{ М}$ раствора NH_4OH равна $12,43 \text{ См} \cdot \text{моль}^{-1} \text{ см}^2$.

8. При измерении электропроводности раствора CaCl_2 в воде для различных его содержаний были получены следующие данные:

$C(\text{CaCl}_2), \%$	0,5	2,5	5,0	7,5	10,0
$\chi, \text{См} \cdot \text{см}^{-1}$	7,00	2,92	1,80	1,28	0,94

По графику зависимости электропроводности от концентрации рассчитайте нормальную концентрацию (экв / л) раствора CaCl_2 , если его удельная электропроводность равна $2,00 \text{ См} \cdot \text{см}^{-1}$ ($\rho \sim 1$).

Самостоятельная работа

Самостоятельная работа №1

Полярнографический анализ.

Задачи 14.1 и 14.2 на странице 368. Никитина, Н. Г. Аналитическая химия. 4-е изд., пер. и доп. (№ 7 в списке литературы).

Самостоятельная работа №2

Инверсионная вольтамперометрия.

Задачи 14.3 и 14.4 на странице 368. Никитина, Н. Г. Аналитическая химия. 4-е изд., пер. и доп. (№ 7 в списке литературы).

Самостоятельная работа №3

Амперометрия.

Задачи 15.4 и 15.5 на странице 383. Никитина, Н. Г. Аналитическая химия. 4-е изд., пер. и доп. (№ 7 в списке литературы).

Самостоятельная работа №4

Кондуктометрия.

Задачи 15.8 и 15.9 на страницах 383–384. Никитина, Н. Г. Аналитическая химия. 4-е изд., пер. и доп. (№ 7 в списке литературы).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Александрова, Э. А. Аналитическая химия в 2 кн. Кн. 1. Химические методы анализа. 3-е изд., испр. и доп. [электронный ресурс]. – Москва: Юрайт, 2018. – 551 с. – Режим доступа: <https://biblioonline.ru/book/analiticheskaya-himiya-v-2-knigah-kniga-1-himicheskie-metody-analiza-426267>
2. Александрова, Э. А. Аналитическая химия в 2 кн. Кн. 2. Физико-химические методы анализа. 3-е изд., испр. и доп. [электронный ресурс]. – Москва: Юрайт, 2018. – 355 с. – Режим доступа: <https://biblio-online.ru/book/analiticheskaya-himiya-v-2-knigah-kniga-2-fiziko-himicheskie-metody-analiza-426268>
3. Валова, (Копылова), В. Д. Аналитическая химия и физико-химические методы анализа. – Москва: НИЦ ИНФРА-М, 2018. – 200 с. – Режим доступа: <http://znanium.com/go.php?id=430507>
4. Подкорытов, А. Л. Аналитическая химия. Окислительно-восстановительное титрование. [электронный ресурс]. – Москва: Юрайт, 2018. – 60 с. – Режим доступа: <https://biblioonline.ru/book/analiticheskaya-himiya-okislitelno-vosstanovitelnoe-titrovanie-415466>
5. Борисов, А. Н. Аналитическая химия. Расчеты в количественном анализе. 2-е изд., испр. и доп. [электронный ресурс]. – Москва : Юрайт, 2018. – 119 с. – Режим доступа: <https://biblioonline.ru/book/analiticheskaya-himiya-raschety-v-kolichestvennom-analize-426639>
6. Апарнев, А. И. Аналитическая химия. 2-е изд., испр. и доп. [электронный ресурс]. – Москва: Юрайт, 2018. – 107 с. – Режим доступа: <https://biblio-online.ru/book/analiticheskaya-himiya-423828>
7. Никитина, Н. Г. Аналитическая химия. 4-е изд., пер. и доп. [электронный ресурс]. – Москва: Юрайт, 2018. – 394 с. – Режим доступа: <https://biblio-online.ru/book/analiticheskaya-himiya-413450>