

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ**

**КЫРГЫЗСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИ-  
ВЕРСИТЕТ им. И.Раззакова**

**кафедра «Химия»**

**КРАТКИЙ КУРС ЛЕКЦИЙ  
ПО АНАЛИТИЧЕСКОЙ ХИМИИ**

**для студентов технологических направлений и ИДОиПК**

**БИШКЕК – 2011**

**«Рассмотрено»**  
на заседании кафедры  
«Химия»  
Прот. №1 от 05.09.2011 г.

**«Одобрено»**  
Методической комиссией  
ИДОиПК  
Прот. №44 от 30.09.2011 г.

Рецензенты: Р.М. Рыскулбекова – к.х.н., проф. каф. «Химия и БЖД» КГУСТА  
Т.Т. Токторбаев – доц. каф. «Химия и БЖД» КГУСТА

СЫДЫКОВА Ш.С., СЫРЫМБЕКОВА Э.И.

Краткий курс лекций для студентов технологических направлений и ИДО  
и ПК / КГТУ им. И.Раззакова. – Б.: ИЦ «Техник», 2011. – 64 с.

Представлен краткий курс лекций по аналитической химии для студентов  
технологических направлений и ИДО и ПК по всем основным разделам.

---

Тех. редактор *Субанбердиева Н.Е.*

Подписано к печати 14.10.2011 г. Формат бумаги 60x84<sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Бумага офс. Печать офс.  
Объем 4 п.л. Тираж 50 экз. Заказ 354. Цена 68,4 с.  
Бишкек, ул. Сухомлинова, 20. ИЦ «Техник» КГТУ им. И.Раззакова, т.: 54-29-43  
e-mail: beknur@mail.ru

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Предмет аналитическая химия – исследование химического состава веществ. Аналитическая химия является фундаментальной химической наукой, тесно связанной с повседневной практикой. Нет почти ни одной отрасли пищевой, сельскохозяйственной и любой другой промышленности, где не применялся бы химический анализ. Поскольку без данных анализа о содержании в сырье и готовой продукции основных компонентов и примесей невозможно проведение технологического процесса в пищевой, химической, фармацевтической и других отраслях промышленности.

Методическое указание для выполнения лабораторных работ по аналитической химии написано в соответствии с типовыми программами и охватывает основные разделы аналитической химии: качественный и количественный анализ. Задача качественного анализа – обнаружить присутствие элементов в соединениях и химических соединений в смесях, задача количественного анализа – определить относительные количества элементов в соединениях и химических соединений в смесях.

Краткий курс лекции по аналитической химии предназначен для студентов технологических направлений ВУЗов и ИДО и ПК.

Построение курса лекций способствует его использованию в самостоятельной работе студентов.

Рассмотрены задачи и методы количественного анализа, техника работы в гравиметрического анализа, титриметрический анализ, методы кислотно-основного титрования, индикаторы применяемые в методы нейтрализации, методы окислительно-восстановительного титрования, методы комплексообразования и контрольные вопросы для студентов ИДО И ПК.

# Лекция 1. Значение аналитической химии.

## Весовой метод

1. Ведение аналитической химии. Задачи и методы количественного анализа.
2. Весовой метод (гравиметрический анализ).
3. Требования к осадкам.
4. Механизм образования осадков.
5. Загрязнение осадков.
6. Выбор осадителя.

### Ведение аналитической химии. Задачи и методы количественного анализа

Аналитическая химия – наука о методах изучения химического состава вещества.

Аналитическая химия включает качественный и количественный анализ.

Качественный анализ дает возможность определять состав вещества.

Количественный анализ дает возможность определять содержание различных компонентов в анализируемой системе.

Химические методы анализа основаны на способностях веществ, вступать в химические взаимодействия. Физические методы основаны на измерении каких-либо параметров веществ. Физико-химические методы основаны на наблюдении за изменением физических свойств веществ, которые происходят в результате химической реакции.

В качественном анализе для обнаружения ионов и молекул в основном используют химические и физико-химические методы. При количественных определениях широко применяют как химические методы (титриметрические и гравиметрические), так и физические и физико-химические методы (атомная и молекулярная, абсорбционная спектроскопия, эмиссионный спектральный анализ, поляриметрия, кондуктометрия, потенциометрия, полярография, кулонометрия, хроматография и т.д.).

В основе всех химических методов количественного анализа лежат два важнейших химических закона: закон эквивалентов и закон постоянства состава, согласно которым все вещества взаимодействуют между собой в количествах, пропорциональных их химическим эквивалентам, и каждое химическое вещество имеет определенный химический состав.

В химическом количественном анализе различают два метода:

1. Гравиметрический (весовой анализ).
2. Объемный анализ.

Гравиметрическим анализом называют такой метод, в котором измеряют массу вещества путем взвешивания его на аналитических весах.

Объемный анализ объединяет разнообразные методы количественных определений, основанные на измерении массы вещества путем измерения объемов растворов взаимодействующих веществ.

Гравиметрический анализ является более точным, чем титриметрический (погрешность определения в гравиметрическом анализе составляет 0,01 – 0,005%, а в титриметрическом 0,1 – 0,05%). Однако гравиметрический анализ гораздо более длителен (от нескольких часов до нескольких суток). Гравиметрический и титриметрический методы являются классическими методами аналитической химии, они очень широко применяются и в научных исследованиях, и в практике заводских лабораторий. Они находят широкое применение и в теххимическом контроле пищевых производств: для определения зольности, влажности продуктов, кислотности, содержания сахара, белка, сернистой кислоты, жесткости воды, при анализе жиров и др.

### **Весовой метод (гравиметрический метод)**

Весовым методом называют метод количественного анализа, основанный на определении количественного состава анализируемого вещества путем прямого измерения массы взвешиванием.

Измерения массы при выполнении анализов весовым методом должны быть очень точными и поэтому их выполняют при помощи точнейшего измерительного прибора – аналитических весов.

Весовые определения можно разделить на три основных типа.

К первому типу относятся такие весовые определения, при выполнении которых определяемую составную часть количественно выделяют из анализируемого вещества и взвешивают.

Например, так определяют процентное содержание золы в каменном угле.

Это важный анализ, очень часто проводимый в заводских лабораториях, т.к. минеральные примеси, образующие золу, представляют собой вредную составную часть топлива. При сгорании топлива они не дают тепла и засоряют топку.

Для выполнения этого анализа точно взвешивают небольшое количество (навеску) образца анализируемого каменного угля. Навеску каменного угля сжигают в тигле: остаток прокаливают до тех пор, пока масса оставшейся золы больше не будет уменьшаться. Оставшуюся золу точно взвешивают. Зная массу навески и массу золы, составляют пропорцию и определяют зольность (содержание золы в процентах)

Навеска ----- 100%

Масса золы---- x %

$$x = \frac{\text{масса золы} \cdot 100}{\text{навеска}} \%$$

Ко второму типу весовых определений относят такие определения, при выполнении которых определяемую составную часть полностью уделяют, а ос-



Поэтому выбор оптимальных условий осаждения при количественных определениях имеет большое значение.

Рассмотрим процесс образования осадка.

На первой стадии осаждения образуются мельчайшие частицы осадка зародышевые или первичные кристаллы, которые растут в трех измерениях. Время смешивания растворов до появления видимого осадка называют индукционным периодом.

Образовавшиеся первичные кристаллы, сталкиваясь в растворе с ионами, растут до макрочастиц за счет химического взаимодействия (агрегация). Эта стадия формирования осадка соответствует существованию коллоидных систем.

Затем образуются более крупные частицы (агрегаты) и выпадают в осадок в виде малорастворимого соединения. Этот процесс может идти двумя путями, которые определяют форму осадка – кристаллическую или аморфную.

В первом случае по мере прибавления в раствор реактива – осадителя не появляются новые центры кристаллизации. Раствор некоторое время остается в пересыщенном состоянии, затем выделение вещества из раствора происходит на поверхности образовавшихся зародышевых кристаллов, которые постепенно растут, образуя кристаллический осадок.

Если прибавление каждой порции осадителя вызывает быстрое возникновение в растворе большого количества мельчайших зародышевых кристаллов, которые растут в результате их соединения в более крупные агрегаты, оседающие под действием силы тяжести, то образуется аморфный осадок.

Оптимальные условия осаждения оказываются, весьма различными при образовании кристаллических и аморфных осадков.

### **Загрязнение осадков**

Причиной загрязнения осадков является сопряженное осаждение (соосаждение) примесей с выпадающими в осадок малорастворимыми соединениями.

Соосаждение практически возможно при любом аналитическом осаждении и является одним из наиболее важных источников погрешностей гравиметрического анализа. Аккуратное осаждение и тщательное промывание осадка способствуют уменьшению соосаждений:

Соосаждение может быть вызвано различными явлениями:

1. адсорбция ионов на поверхности твердой фазы характерно для всех осадков, но больше всего она присуща веществам, обладающим относительно большой поверхностью, т.е. аморфным осадкам. В первую очередь на поверхность осадка адсорбируется ион, входящий в состав кристаллической решетки находящийся в избытке;

2. окклюзия – захват примесей растущим кристаллом. Примеси занимают преимущественно те места, где в кристаллической решетке осадка имеются дефекты. Если при формировании осадка кристаллах образуются трещины или

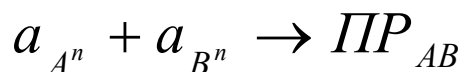
пустоты, они заполняются растворителем с растворимыми примесями, находящимися в растворе во время осаждения.

3. Образование смешанных кристаллов (изоморфные включения) возможно, когда в растворе находятся соединения, кристаллизующиеся в одинаковых геометрических формах и имеющие одинаковые размеры кристаллических решеток. Одно из таких изоморфных соединений может частично заместить в кристалле другое, в результате образуются смешанные кристаллы.

### Выбор осадителя

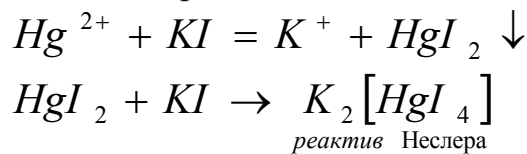
При выборе осадителя решающее значение имеет растворимость образующегося осадка. Кроме того, осадок извлекает из раствора посторонние вещества или ионы, в том числе ионы осадителя, поэтому удобно, чтобы осадитель был веществом летучим, т.к. в дальнейшем оно может быть удалено при прокаливании.

Согласно правилу произведения растворимости, осадок образуется лишь при условии, если произведение концентрации (точнее активностей) соответствующих ионов в растворе превышает значение произведения растворимости осаждаемого соединения при данной температуре:



Осаждение продолжается до тех пор, пока ионное произведение не станет равным  $PP$  осадка, т.е. пока между осадком и раствором не установится динамической равновесие. И дальнейшее осаждение прекратится, т.к. абсолютно нерастворимых в воде веществ не существуют, то ни одно осаждение не бывает полным.

Полнота осаждения в первую очередь зависит от количества прибавленного осадителя. Сколько его потребуется, можно вычислить по уравнению реакции, исходя из навески определяемого в-ва. Для достижения более полного осаждения берут количество осадителя в 1,5 раза больше расчетного. Применение слишком большого избытка может вызвать растворение осадка вследствие явлений амфотерности, комплексообразования и т.д.





## Лекция 2. Техника работы в гравиметрическом анализе

1. Осаждение
2. Фильтрование и промывание осадка  
Высушивание и прокаливание осадков
3. Отличие весового анализа от объемного анализа

### Осаждение

Обычно осаждение ведут при нагревании в химическом стакане вместимостью 200-300 мл.

Техника осаждения кристаллических и аморфных осадков различна. Осадитель добавляют по каплям при непрерывном перемешивании раствора стеклянной палочкой, не касаясь ею стенок или дна стакана. Когда осадок соберется на дне и жидкость над осадком станет прозрачной, к ней приливают несколько капель раствора осадителя, чтобы убедиться в полноте осаждения. Если в месте падения капель раствора осадителя не появляется муть, то полнота осаждения достигнута.

Условия осаждения кристаллических осадков.

При осаждении кристаллических осадков необходимо создать такие условия, чтобы получить крупнокристаллический осадок и уменьшить соосаждение (в основном за счет окклюзии).

Для этого необходимо:

- 1) вести осаждение из достаточно разбавленного раствора разбавленным раствором осадителя;
- 2) прибавлять осадитель очень медленно по каплям (особенно в начале осаждения);
- 3) непрерывно перемешивать раствор стеклянной палочкой;
- 4) вести осаждение из горячего раствора горячим раствором осадителя
- 5) в некоторых случаях при осаждении необходимо прибавлять в-ва повышающая растворимость формирующегося осадка;
- 6) часто необходимо оставить осадок для созревания, т.к. осажденный кристаллический осадок сразу подвергать дальнейшим операциям нельзя.

Созревание осадка происходит обычно при нагревании, когда осадок находится в контакте с маточным раствором. Этот процесс приводит к уменьшению общей поверхности осадка и к увеличению среднего размера его частиц.

В стадии созревания более крупные кристаллы растут за счет растворения мелких кристаллов, что облегчает фильтрование осадка.

Условия осаждения аморфных осадков.

При осаждении аморфных осадков необходимо создать условия, исключаящие образование коллоидных растворов и уменьшающие соосаждение, (в основном за счет адсорбции). Для этого необходимо:

- 1) вести осаждение из горячего раствора;

- 2) вести осаждение в присутствии горячего раствора электролита (коагулятора);
- 3) вести осаждение из концентрированных растворов концентрированным раствором осадителя;
- 4) осадок не рекомендуется оставлять в контакте с раствором длительное время, т.к. он легко загрязняется вследствие адсорбции, осадки могут подвергаться необратимым изменениям, что делает невозможным их последующее фильтрование.

### **Фильтрование и промывание осадка Высушивание и прокаливание осадков**

Полученный осадок отделяют от раствора фильтрованием. Тщательно выполнения этой операции сказывается на точности определения.

Для фильтрования используют беззольные фильтры. В процессе изготовления их обрабатывают кислотами (HCl, HF) с целью удаления большей части минеральных в-в. Масса золы, образующейся при сжигании одного беззольного фильтра настолько мала, что ею пренебрегают.

Обычно массу золы от фильтра того или иного размера указывают на обложке пачки. Фильтры размещаются по диаметру (6, 7, 9 и 11 см.)

Выпускаемые промышленностью фильтры в зависимости от плотности бумаги маркируются в пачках лентой определенного цвета.

Черная (или красная) лента наименее плотные, т.е. быстрофильтрующие и крупнопористые фильтры. Их используют для отделения студенистых аморфных осадков ряда гидроксидов.

Белая лента - фильтры средней плотности, применяемые для отделения большинства осадков.

Синяя лента – фильтры мелкопористые наиболее плотные и медленнофильтрующие. Применяют их для отделения мелкокристаллических осадков. Сульфата бария  $BaSO_4$  и оксалата кальция  $CaC_2O_4$ . Для фильтрования подбирают стеклянную воронку с углом  $60^\circ$  и такого размера, чтобы фильтр не доходил до верхнего края на 5-10 мм. Круглый фильтр сначала перегибают по диаметру пополам, затем еще раз складывают вдвое. Затем фильтр раскрывают и смачивают дистиллированной водой. Между стеклом и бумагой не должно оставаться пузырьков воздуха.

Неправильно вложенный в воронку фильтр сильно замедляет фильтрование, затем приступают к декантации, т.е. осторожному сливанию отстоявшейся жидкости с осадка. Это необходимо, чтобы поры фильтра, возможно, дальше не забивались твердыми частицами, и фильтрование происходило быстрее. Жидкость сливаю на фильтр только по стеклянной палочке, которую держат отвесно. Нижний ее конец ее должен находиться примерно на середине боковой поверхности фильтра, но не касаться его.

Нельзя наполнять фильтр жидкостью до самых краев; уровень ее должен быть ниже края бумаги на 3-5 мм. Наполнив фильтр, палочку возвращают в

стакан, стараясь не взмутить осадка. Чтобы исключить потерю частиц осадка, находящихся на самой палочке, следует держать ее только в стакане или над фильтром (при декантации).

После того, как почти весь раствор будет слит, в стакан наливают некоторый объем промывной жидкости из промывалки.

### **Отличие весового анализа от объемного анализа**

Весовой метод анализа отличается от объемного анализа:

1. в основе весового метода лежит точное измерение массы, в основе объемного метода – измерение объема;

2. в весовом анализе измеряют массу определяемого вещества или малорастворимого осадка, в котором содержится определяемое соединение или ион; в объемном анализе измеряют объем реактива, использованного для реакции анализируемым веществом;

3. В весовом анализе используют растворы основных исходных реактивов приблизительной концентрации: в объемном анализе применяют реактивы точно известной концентрации.

4. в весовом анализе, как правило, растворы реактивов приливают к анализируемому раствору в избытке; в объемном анализе – строго эквивалентных количествах;

5. в весовом анализе не имеет особого значения вопрос, когда наступил момент эквивалентности; в объемном анализе решающее значение имеет фиксирование точки эквивалентности, которую определяют с помощью индикатора или другим способом;

6. в весовом анализе требуется много времени осаждения вещества, декантации, фильтрования, промывания осадка, подготовки его к взвешиванию и т.д. Все операции в объемном анализе проводятся быстрее, чем в весовом анализе, т.к. определение в объемном анализе по существу начинается и заканчивается процессом постепенного приливания раствора реактива к анализируемому веществу до завершения реакции.

## Лекция 3. Титриметрический (объемный) анализ

1. *Сущность титриметрического анализа*
2. *Требования к реакциям, применяемых в титриметрическом анализе*
3. *Классификация методов титриметрического анализа*
4. *Приготовление титрованного раствора. Способы титрования*
5. *Расчеты в анализе*

### Сущность титриметрического анализа

Титриметрическим анализом называют метод количественного анализа, в котором измерение массы, проводят путем измерения объемов. Титром называют число граммов или миллиграммов растворенного вещества в 1 мл раствора. Например:  $T_{H_2SO_4} = 0,0049$  г/мл.

В объемном анализе основной операцией является измерение объема двух взаимодействующих растворов, один из которых содержит анализируемое вещество, а у второго заранее известна концентрация. Неизвестную концентрацию анализируемого раствора определяют, зная соотношение объемов реагирующих растворов и концентрацию одного из них. Раствор, концентрация которого определяют количество другого вещества, называется рабочим раствором.

Титр или нормальность приготовленного раствора определяют, титрируя им растворы так называемых установочных веществ. Установочным веществом называют химически чистое соединение точно известного состава, применяемое для установки титра раствора другого вещества.

При анализе титрованный раствор реагента помещают в бюретку и понемногу приливают к исследуемому раствору до тех пор, пока тем или иным способом не будет установлено, что затраченное количество реагента эквивалентно количеству определяемого вещества. Эту операцию называют титрованием.

Израсходованный объем раствора реагента умножают на его титр и получают израсходованное на реакцию количество реагента в (г). Отсюда по уравнению реакции вычисляют вещества в исследуемом растворе.

Точность титриметрического анализа немного меньше, чем в гравиметрическом анализе, но при правильной работе разница невелика. Кроме того, в титриметрическом анализе имеет огромное преимущество по сравнению с гравиметрическим анализом в скорости выполнения анализа.

Для того чтобы та или иная реакция могла применяться для титрования, она должна удовлетворять ряд требований:

1. Возможность тем или иным способом фиксировать точку эквивалентности, т.е. момент наступления эквивалентности реакции. Поэтому при титровании употребляют не избыток реагента, а количество его, точно отвечающее уравнению реакции и химическое эквивалентное количеству определяемого вещества.

Точку эквивалентности можно зафиксировать:

а) по изменению окраски раствора

б) по изменению некоторых физических свойств. Например: электропроводности, окислительно-восстановительного потенциала и др.

в) по изменению окраски индикатора.

Индикатором в методе нейтрализации называют вещество, изменяющее свой цвет в определенном интервале значений pH среды, в которую оно введено (например: перемену окраски, выпадение в осадок и т.д.), и тем самым позволяющее фиксировать точку эквивалентности. К ним относятся лакмус, фенолфталеин, метилоранжевый и др.

2. Количественное течение реакции вплоть до равновесия характеризующие соответствующие константой равновесия. Эта const должна быть велика, константа равновесия обратной реакции мала.

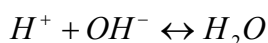
3. Реакция должна протекать с достаточной скоростью. При медленно идущих реакциях раствор обязательно будет перетитрован.

4. При титровании не должны протекать побочные реакции.

Методы в титриметрическом анализе можно классифицировать по характеру химических реакций, лежащей в основе определения веществ, и по способу титрования.

По характеру химических реакций:

1. Метод кислотно-основного титрования (нейтрализации) основано на взаимодействии кислот и оснований, т.е. на реакции нейтрализации



Этим методом определяют количество кислот (алкалометрия) и оснований (ацидиметрия) в данном растворе; солей слабых кислот и слабых оснований.

2. Методы окисления-восстановления (редоксиметрия) основаны на реакциях окисления и восстановления называют их по применяемому раствору:

а) перманганатометрия - используют реакции окисления перманганатом калия  $KMnO_4$

б) иодометрия - реакции окисления йодом или восстановления I<sup>-</sup> - ионами.

в) бихроматометрия - реакции окисления  $K_2Cr_2O_7$ .

г) броматометрия – реакции окисления  $KBrO_3$ .

д) цериметрия – окисление  $Ge^{4+}$  ионами (германий).

е) ванадатометрия  $VO_3 =$  ионами

ж) титанометрия – восстановления  $Ti^{+3}$  – ионами

3. Методы осаждения и комплексообразования. Определения основаны на осаждении того или иного иона в виде малорастворимого соединения (осадка) или связывании его в малодиссоциированный комплекс:

а) аргентометрия основана на реакциях осаждения галогенидов серебра  $Ag^+ + x^- \rightarrow Agx \downarrow$ , где  $x^-$   $Cl^-, I^-, Br^-, CNS^-$

б) фторометрия основана на реакциях комплексообразования, в которых лигандом является  $F^-$ .

в) роданометрия

г) меркуриметрия

д) комплексонометрия

По способу титрования различают следующие методы:

1. Метод прямого титрования. Определяемый ион титруют раствором реагента и наоборот.

2. Метод замещения (титрование по заместителю) применяют тогда, когда трудно определить точку эквивалентности. Например: при работе с неустойчивыми веществами. При определении  $Cr^{2+}$ , который легко окисляется  $O_2$  воздуха, поступают следующим образом: К определению объем соли хрома (II) прибавленный избыток титрованного р-ра соли железа (III), происходит реакция  $Cr^{2+} + Fe^{3+} = Cr^{3+} + Fe^{2+}$  эквивалентное содержанию  $Cr^{2+}$  количество  $Fe^{2+}$  титруют окислителями, тем самым определяют содержание  $Cr^{2+}$ .

3. Метод обратного титрования (титрование по остатку). Применяют, когда нет подходящего индикатора или основная реакция протекает не очень быстро.

При применении любого из методов титриметрического анализа необходимо:

1) точное измерение объемов одного или обоих реагирующих веществ;  
2) наличие титрованного раствора, при помощи которого проводят титрование;

3) вычисление результатов анализа.

Приготовление титрованных растворов.

Существует два способа приготовления титрованных растворов.

1. на аналитических весах берут точную навеску вещества и растворяют в определенном объеме воды (мерной колбой), зная навеску ( $a$ ) и объем полученного раствора ( $V$ ) определяют его титр:  $T = \frac{a}{V} (г/мл) \cdot мг/мл$

Титрованные растворы, полученные таким способом, называются раствором с приготовленным титром или стандартными (точными) растворами. Их применяют для количественного определения тех или иных в-в и для установки титров других растворов.

Стандартные растворы можно приготовить только из веществ отвечающих определенным требованиям:

а) вещество должно быть химически чистым  
б) состав должен строго соответствовать химической формуле  
в) вещество должно быть устойчивым при хранении  
г) имеет, возможно, большее по величине грамм эквивалентного вещества.

Удовлетворяющие этим требованиям называются исходными или стандартными.

2. Если вещество не удовлетворяет этим требованиям, то готовят его раствор приблизительно нужной нормальности. Параллельно готовят раствор ка-

кого-нибудь подходящего стандартного (исходного) раство-

$$a = N \cdot V \cdot \varepsilon \cdot 0,001 = 0,1 \cdot 200 \cdot 63,04 \cdot 0,001 = 1,3$$

$$T = \frac{a}{V}; \quad N_y = \frac{T \cdot 100}{\varepsilon}$$

$$N_p = \frac{N_y \cdot V_y}{V_p}; \quad T = \frac{N_y \cdot \varepsilon_y}{1000}$$

$$\text{ра \%} = \frac{N_p \cdot V_p \cdot \varepsilon_{\text{н\ddot{e}}}}{a \cdot 10}$$

$$Q = N_p \cdot V_p \cdot \varepsilon_{\text{н\ddot{e}}} \cdot 0,001 \cdot \frac{V_{\dot{e}}}{V_i}$$

Вычисление в объемном анализе.

Вычисление нормальности анализируемого раствора по нормальности рабочего раствора. Растворы одинаковой нормальности вступают в реакцию в равных объемах. Если нормальности реагирующих растворов различны, то при титровании расходуется различные объемы таких растворов.

Растворы разной нормальности реагируют между собой в объемных количествах, обратно пропорциональных их нормальностям. Зная нормальность одного из двух реагирующих растворов и их объемы, расходуемые на титрование друг друга, легко определить неизвестную нормальность второго раствора. Обозначим нормальность первого раствора через  $N_1$  и его объем  $V_1$ , нормальность второго раствора через  $N_2$  и его объем через  $V_2$ . Тогда на основании сказанного можно составить равенство:

$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{V_2}{V_1} \quad \text{или} \quad V_1 N_1 = V_2 N_2$$

Пример: Определить нормальность раствора соляной кислоты, если известно, что для нейтрализации 20,00мл ее потребовалось 18,00мл 0,1300н, раствора NaOH.

Решение:  $V_{\text{HCL}} N_{\text{HCL}} = V_{\text{NaOH}} N_{\text{NaOH}}$

$$N_{\text{HCL}} = \frac{N_{\text{NaOH}} V_{\text{NaOH}}}{V_{\text{HCL}}} = \frac{0,1300 \times 18,00}{20,00} = 0,1170\text{н}$$

Вычисления количества определяемого вещества по титру рабочего раствора, выраженному в граммах определяемого вещества.

Пример. Вычислить процентное содержание  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  в образце, если для титрования навески 0.1500г израсходовано 20.00мл 0,1000н HCL

Решение:  $M_{Na_2CO_3} = 23 \cdot 2 + 12 + 16 \cdot 3 = 106,00 \text{ г}$

$$\dot{Y}_{Na_2CO_3} = 106 / 2 = 53,00 \text{ г}$$

$$\dot{O}_{\tilde{N}L/Na_2CO_3} = \frac{N_{HCL} \dot{Y}_{Na_2CO_3}}{1000} = \frac{0,1000 \cdot 53}{1000} = 0,005300 \text{ г/л}$$

$$m_{Na_2CO_3} = \dot{O} \cdot V = 0,005300 \cdot 20,00 = 0,1060 \text{ г}$$

Процентное содержание

$$\%Na_2CO_3 = \frac{0,1060 \cdot 100}{0,1500} = 70,66\% \quad \text{или}$$

$$\%Na_2CO_3 = \frac{N_{HCL} \cdot V_{HCL} \cdot \dot{Y}_{Na_2CO_3}}{a \cdot 10} = \frac{0,1000 \cdot 20 \cdot 53}{0,1500 \cdot 10} = 70,66\%$$

## Лекция 4. Метод кислотно-основного титрования

1. Общая характеристика метода
2. Кривые титрования
3. Титрование сильной кислоты сильным основанием
4. Титрование слабой кислоты сильным основанием
5. Титрование слабого основания сильной кислотой

### Общая характеристика метода

В основе метода кислотно-основного титрования лежит реакция  $H^+ + OH^- \Leftrightarrow H_2O$ . Этим методом определяют различные неорганические кислоты и основания, в том числе различные пищевые кислоты: уксусную, лимонную, яблочную и т.д., а также соли, реагирующие в стехиометрических соотношениях с кислотами или основаниями, напр. Соли аммония, карбонаты и др.

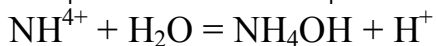
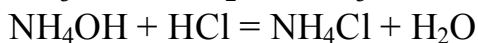
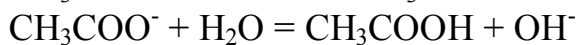
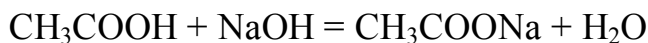
Рабочими растворами метода кислотно-основного титрования являются стандартные (титрованные) растворы сильных кислот ( $HCl, H_2SO_4$ ) и сильных оснований ( $KOH, NaOH$ ). В качестве установочных веществ, применяют тетраборат натрия  $Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$  или безводный карбонат натрия  $Na_2CO_3$ , для установки титров рабочих растворов оснований.

Сущность определения сводится к титрованию рабочим раствором анализируемого вещества и установлению точки эквивалентности.

Значение рН в точке эквивалентности равно 7 только при титровании сильной кислоты сильным основанием и наоборот.



При титровании слабой кислоты сильным основанием в момент эквивалентности рН раствора вследствие гидролиза образующейся при титровании соли больше 7, при титровании слабого основания сильной кислотой – меньше 7.



Для фиксирования конечной точки титрования добавляют индикатор, за изменением окраски которого наблюдают визуально. При кислотно-основном титровании важно выбрать правильно индикатор, т.к. индикаторы изменяют окраску при различных значениях рН.

Фактически окраска индикатора изменяется не при каком-то определенном значении рН, а в некотором интервале, равным примерно двум единицам рН, и при выборе индикатора надо стремиться, чтобы значение рН раствора в точке эквивалентности находилось в интервале рН перехода окраски данного индикатора.

### Кривые титрования

По мере приливания к кислоте раствора щелочи степень кислотности титруемого раствора изменяется и реакция среды переходит из кислой в нейтральную, а затем в щелочную среду. Следовательно, рН титруемого раствора зависит от объема прилитого рабочего раствора и его концентрации. Эту зависимость очень удобно выражать, графически откладывая по одной оси координат значения рН, а по другой – соответствующие им объемы прилитого рабочего раствора.

Кривую, выражающую изменение значения рН титруемого раствора в зависимости от объема прилитого рабочего раствора, называют кривой титрования.

Построить кривую титрования – это значит нанести на график следующие точки:

1. исходную точку титрования, соответствующую значению рН титруемого раствора до начала титрования. Эта точка находится всегда на вертикальной линии, соответствующей 0 мл рабочего раствора.

2. точку эквивалентности, показывающую, при каком значении рН должно быть закончено титрование. Эта точка всегда лежит на линии эквивалентности.

3. промежуточные точки кривой, показывающие, как изменяется рН раствора в процессе титрования.

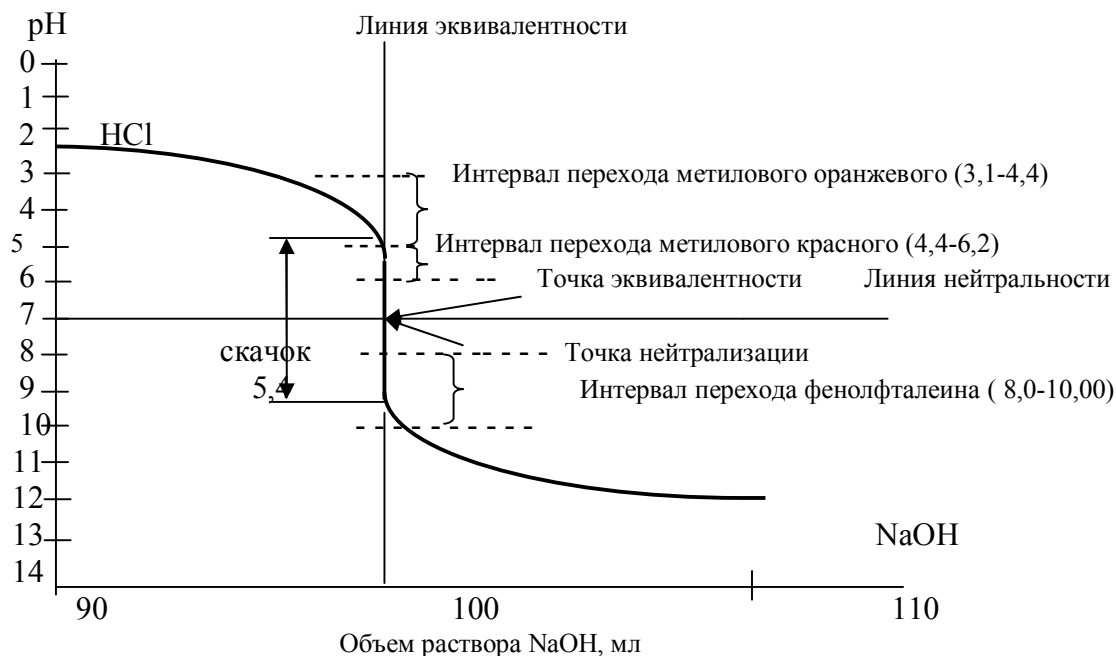
Очевидно, что форма кривой титрования будет определяться характером взаимодействия титруемого и рабочего растворов.

Рассмотрим кривые некоторых типов кислотно-основного титрования.

## Титрование сильных кислот сильным основанием

В начале процесса титрования изменение рН незначительно вследствие того, что высока концентрация кислоты.

Вблизи момента эквивалентности наблюдается резкое изменение рН - скачок титрования, происходящий при добавлении последних капель титранта.



Кривая титрования 0,1 н. раствора HCl 0,1 н. раствором NaOH

В приведенном случае скачок титрования находится в пределах рН от 4,3 до 9,7, т.е. при добавлении к титруемому р-ру HCl количества раствора NaOH от 99,95 до 100,05 мл. Такое значительное изменение рН, возникающее при малом увеличении (в пределах одной капли) объема добавленного титранта ( $100,05 - 99,95 = 0,1 \text{ см}^3$ ) позволяет применить для определения момента эквивалентности индикаторы, изменяющие свой цвет в данном интервале изменений рН. Изменение цвета индикатора в интервале рН скачка титрования легко наблюдается визуально, и титрование прекращают. По объему титранта израсходованного на титрование, рассчитывают содержание или концентрацию определяемого вещества. В середине скачка титрования находится точка эквивалентности, которая при титровании сильных кислот сильным основанием совпадает с точкой нейтральности (рН = 7) увеличение рН среды приводит к необходимости применять соответствующую концентрацию титранта. Если, например, для нейтрализации  $100 \text{ см}^3$  0,001 н HCl применить 0,1 н NaOH его достаточно добавить  $1 \text{ см}^3$ . Точность анализа при этом естественно сильно уменьшится. Поэтому при анализе разбавленных растворов кислот и оснований их титруют титрантом одинаковой или близкой концентрации, что повышает точность анализа. Достаточно в описанном выше примере для титрования 0,001 н HCl применить 0,001 н NaOH, как точность анализа возрастает в 100 раз.

## Титрование слабой кислоты сильным основанием

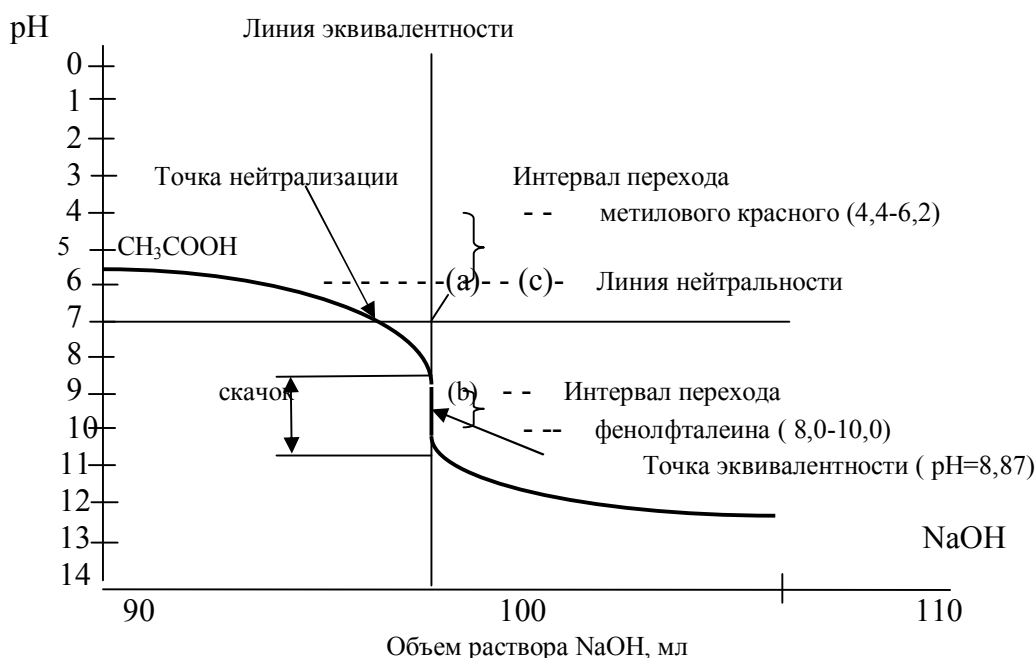
Титрование 100 мл 0,1 м  $CH_3COOH$  0,1 м раствором  $NaOH$ . Объем при титровании не увеличивается.

1. в начальный момент титрования в растворе присутствует только  $CH_3COOH$ .

$$pH = \frac{1}{2} pK_{CH_3COOH} - \frac{1}{2} \lg C_{CH_3COOH}$$

$$K_{CH_3COOH} = 1,74 \cdot 10^{-5} \quad C_{CH_3COOH} = 0,1$$

$$pK_{CH_3COOH} = 4,76 \quad pH = 2,88.$$



**Кривая титрования 0,1 н. раствора  $CH_3COOH$  0,1 н. раствором  $NaOH$**

2. В любой момент титрования до точки эквивалентности р-ра рассчитывают по формуле для буферной смеси. Пусть к 100 мл 0,1 м раствора  $CH_3COOH$  прилито 9 мл 0,1 м раствора  $NaOH$ .

В данный момент титрования в растворе присутствует образовавшаяся при реакции соль  $CH_3COONa$  и неоттитрованная  $CH_3COOH$ , т.е. буферная смесь:

$$pH = pK_{CH_3COOH} + \lg \frac{C_{CH_3COONa}}{C_{CH_3COOH}}$$

Т.к. прибавлено 9 мл 0,1 м р-ра  $NaOH$ , т.о. 9% уксусной кислоты перейдет в соль  $CH_3COONa$  (принимая во внимание, что концентрация  $CH_3COOH$  и  $NaOH$ ), 91 % останется кислоты.

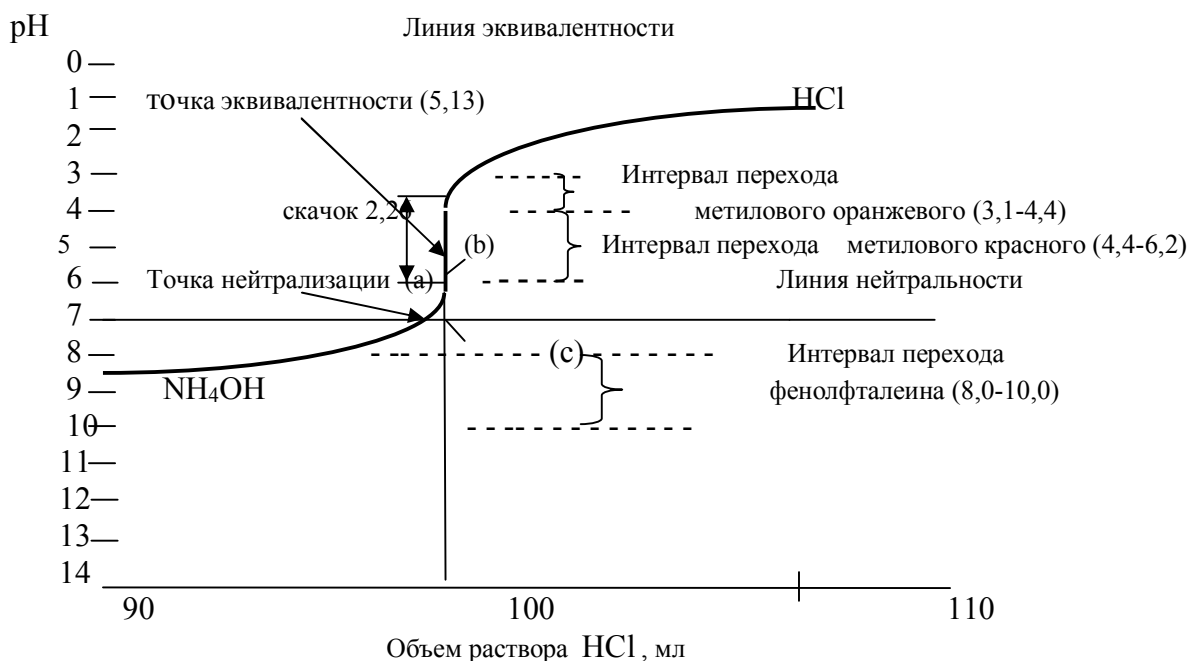
Значит в данный момент отношение концентраций соли и кислоты:

$$C_{CH_3COONa} / C_{CH_3COOH} = 9/91$$

$$pH = 4,76 + \lg \frac{9}{91} = 3,76.$$

### Титрование слабого основания сильной кислотой

Скачок рН происходит в интервале значений рН от 4 до 6. Следовательно, наиболее подходящим индикатором будет метиловый красный с областью перехода от 4,2 до 6,2 единиц рН.



Кривая нейтрализации 0,1 раствора аммиака 0,1 н. раствором НСI

## Лекция 5. Индикаторы, применяемые в методе нейтрализации

1. Общая характеристика. Индикаторы в методе нейтрализации
2. Характеристика наиболее применяемых индикаторов
3. Выбор индикатора
4. Интервал перехода индикатора

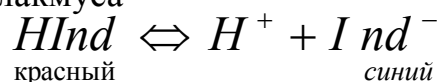
### Общая характеристика. Индикаторы в методе нейтрализации

Кислотно-основные индикаторы – это вещества, окраска которых меняется в зависимости от рН – среды. Окраска индикатора изменяется в определенном интервале значений рН, причем этот интервал зависит только от свойств

данного рН – индикатора и не зависит от природы реагирующих между собой кислоты и основания.

Согласно ионной теории индикаторов, они предоставляют собой слабые органические кислоты или основания, недиссоциированные молекулы и ионы которых имеют различную окраску.

Обозначим схематически индикаторную кислоту как  $H\text{Ind}$ , а ее ионы как  $\text{Ind}^-$ . Тогда для индикатора лакмуса



При растворении в воде лакмус придает ей фиолетовую окраску, так как в растворе присутствуют одновременно и молекулярная (красная) и ионная (синяя) формы. Если к этому раствору добавить кислоту, то приведенное выше равновесие сместится влево, и раствор станет красным, а если прибавить основание – равновесие сместится вправо, и раствор станет синим.

Индикаторы молекулярная и ионная формы которых окрашены, называют двухцветными, если одна форма окрашенная – одноцветными. Примером последних является фенолфталеин, имеющий в щелочной среде красную окраску, в кислых растворах он бесцветен.

Ионная теория просто и наглядно объясняет причину изменения окраски индикаторов под влиянием введения в раствор ионов  $H^+$  и  $OH^-$ . Однако она не объясняет, почему молекулярная и ионная формы индикатора имеют разную окраску. Известно, что окраска органических соединений зависит от строения их молекул и обусловлена наличием в молекулах особых атомных групп, называемых хромофорами. Окраска может измениться только в результате внутри молекулярной перегруппировки, приводящей к изменению строения молекулы. Поэтому возникла хромофорная теория индикаторов.

К хромофорам относят соединения с хиноидной структурой, а также содержащие нитрогруппу, азогруппу и т.д.

Интервал перехода индикаторов.

Если бы все индикаторы являлись кислотами или основаниями одинаковой силы, то равновесие реакций их диссоциации смешалось бы при одной и той же  $[H^+]$ , а, следовательно, они все меняли бы свою окраску при одном и том же значении рН. Однако различные индикаторы являются кислотами или основаниями различной силы и характеризуются различными константами диссоциации.

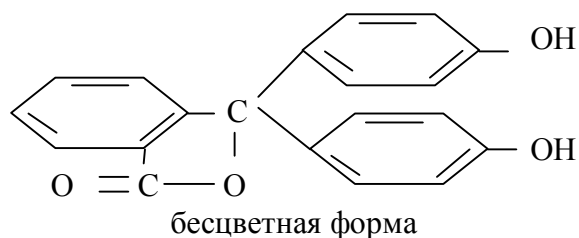
Константу диссоциации индикатора обозначают  $K_{\text{Ind}}$

$$K_{\text{Ind}} = \frac{[H^+][\text{Ind}]}{[H\text{Ind}]}$$

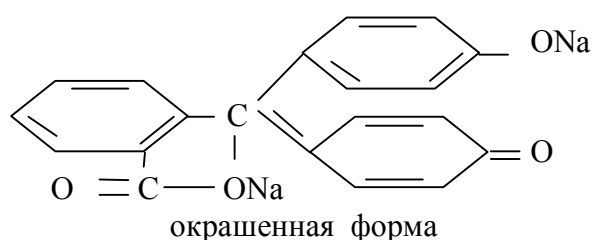
Чем больше  $K_{\text{Ind}}$ , тем труднее смещается ионное равновесие.

## Характеристика наиболее применяемых индикаторов

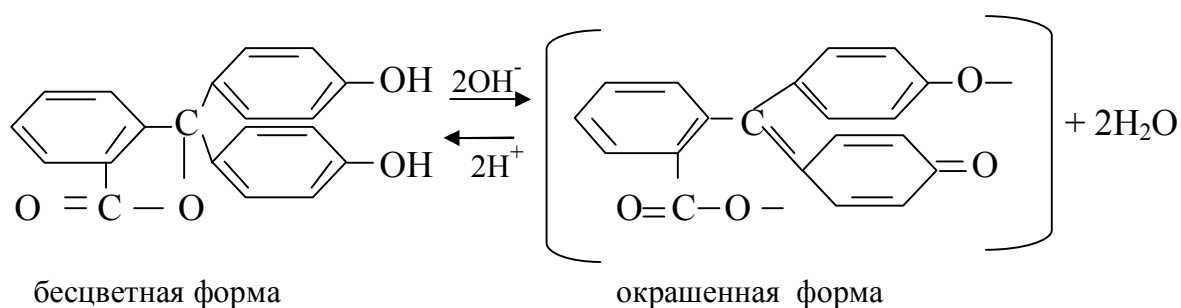
Обычно при выполнении анализов методом нейтрализации применяют следующие индикаторы: фенолфталеин представляет собой бесцветные кристаллы, нерастворимые в воде, но растворимые в спирте. В лабораториях, поэтому применяют его в 0,1%-ный раствор в 50%-ном спирте. Формула индикатора:



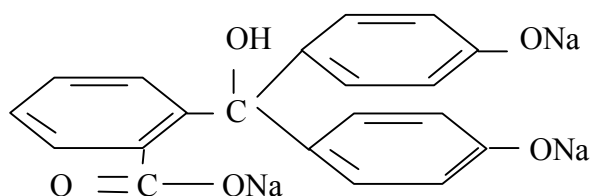
При действии разбавленных растворов едкого натра на фенолфталеин получается двунариевая соль, имеющая хиноидное строение, окрашенная в красный цвет:



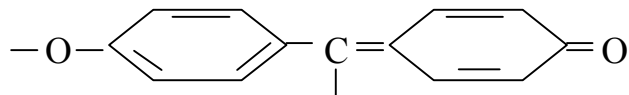
Реакция протекает согласно уравнению:



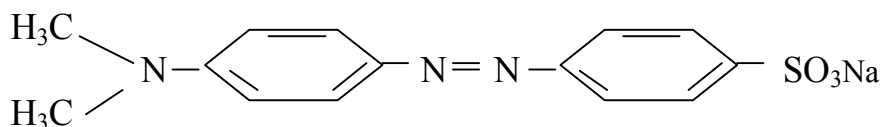
Эти структурные изменения в молекуле фенолфталеина происходят при pH 8-10. При действии кислот (при pH < 8) наблюдается обратная картина: окрашенная форма переходит в бесцветную. Если pH = 13-14, фенолфталеин претерпевает новую структурную перегруппировку, при этом образуется бесцветная трехзамещенная натриевая соль, имеющая бензоидное строение:



Этим объясняется обесцвечивание фенолфталеина при действии большого избытка щелочи. Интенсивно малиново-красная окраска фенолфталеина обусловлена образованием хромофорной системы:

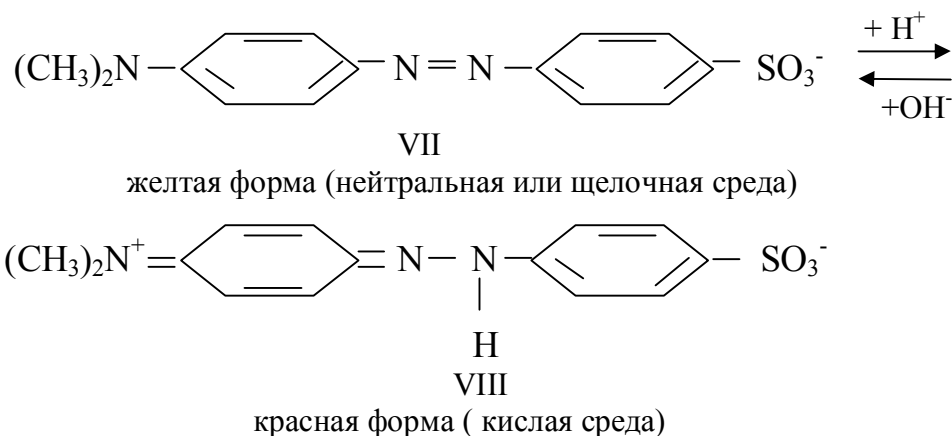


Метилоранжевый натриевая соль *n* – диметил-аминоазобензолсульфокислота.



Этот индикатор можно использовать для титрований с участием сильной кислоты, т.к. область перехода его 3,1- 4,4 рН.

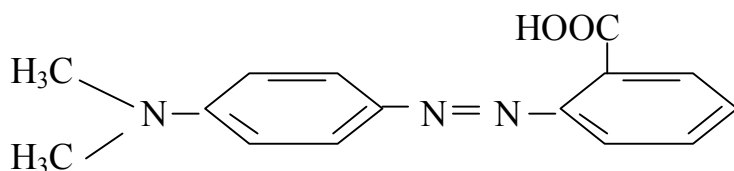
В щелочной среде или в сильно разбавленной водном растворе метилоранжевый имеет желто-оранжевую окраску (VII). При действии кислот наблюдается переход желто-оранжевой окраски в оранжево-красную



При действии щелочей на растворы метилового оранжевого красного цвета наблюдается изменение окраски раствора в желтую.

Таким образом индикаторные свойства метилового оранжевого обусловлены таутомерией между бензоидной и хиноидной формами.

Метилоранжевый – *n* – диметиламиноазобензолкарбоновая кислота.



Область перехода метилового красного лежит в интервале  $pH = 4,2 - 6,2$ . Применяют его при титрованиях с точкой эквивалентности, более близкой к линии нейтральности. Метиловый красный дает более резкий переход окраски, чем метиловый оранжевый. Для титрования берут не больше одной капли 0,2%-ного спиртового раствора на 25 мл конечного объема. При больших количествах индикатора изменение окраски заметить труднее.

### Выбор индикатора

Правильный выбор индикатора имеет большое значение при титровании.

При несоблюдении этого условия нельзя получить точные результаты анализа, если даже все другие аналитические операции проводились очень тщательно.

При выборе индикатора интервал перехода окраски данного индикатора должен по возможности совпадать со скачком  $pH$  наблюдаемым в данной системе, а показатель титрования индикатора ( $pT$ ) с  $pH$  в точке эквивалентности.

Поэтому при выборе индикатора сначала вычисляют область  $pH$  раствора, в которой наблюдается скачок  $pH$ , а затем подбирают такой индикатор, у которого интервал перехода окраски совпадал бы с вычисленным скачком  $pH$ . Например, если  $pH$  раствора в точке эквивалентности = 6, то подходящими индикаторами могут быть: метиловый красный (4,4-6,2) и лакмус (5,0-8,0), т.е. такие индикаторы меняют окраску в слабокислой среде.

### Интервал перехода индикатора

Область значений  $pH$ , в которой становится видимым изменение цвета индикатора, называют интервалом перехода индикатора.

Оптимальное значение  $pH$  титруемого раствора, при котором наблюдается наиболее резкое изменение окраски индикатора, свидетельствующее об окончании титрования, называют показателем титрования индикатора и обозначают символом  $pT$ . Окраска раствора индикатора зависит от соотношения концентраций его диссоциированной и недиссоциированной форм, т.е. от отношения:

$$\frac{[Ind^-]}{[HInd]} = \frac{K_{HInd}}{[H^+]} \text{ или } \frac{[HInd]}{[Ind^-]} = \frac{[H^+]}{K_{HInd}}$$

$$\text{когда } K_{Ind^-} = [H^+], \text{ то } \frac{[Ind^-]}{[HInd]} = 1$$



Если условно для большей наглядности  $[Ind^-]$  обозначить через [красн.] а  $[HInd]$  через [бесцв], то можно написать:

$$\frac{[красн]}{[бесцв]} = \frac{[Ind^-]}{[HInd]} = \frac{10^{-9}}{[H^+]} \text{ или}$$

$$\frac{[бесцв]}{[красн]} = \frac{[HInd]}{[Ind^-]} = \frac{[H^+]}{10^{-9}} = \frac{[H^+]}{10^{-9}}$$

$$[H^+] = 10^{-7} \text{ г - ион / л, то}$$

$$\text{Если } pH = 7, \text{ т.е. } \frac{[бесцв]}{[красн]} = \frac{[HInd]}{[Ind^-]} = \frac{10^{-7}}{10^{-9}} = 100$$

Это означает, что при  $pH = 7$  на каждые 100 бесцветных молекул фенолфталеина приходится лишь 1 окрашенный ион, т.е. соотношение между бесцветной молекулярной формой индикатора типа фенолфталеина и его окрашенной ионной формой равно 100.

Показатель титрования индикатора. Вместо интервала перехода окраски индикатора в объемном анализе пользуются также показателем титрования индикатора (рТ). рТ определяет оптимальное значение рН, при котором индикатор наиболее пригоден для титрования.

Условия, соблюдаемые при титровании.

Для получения точных и воспроизводимых результатов анализа необходимо соблюдать определенные условия при титровании.

1. Следует устанавливать титр стандартного раствора и применять установленный для титрования раствор в присутствии одного и того же индикатора.

2. Для титрования следует брать всегда одно и то же количество индикатора и повторять титрование определяемого вещества несколько раз до тех пор, пока не будут получены три близко сходящихся результата.

3. Необходимо брать, как правило, не более 1-2 каплей индикатора, не забывая о том, что индикаторы, применяемые в методе нейтрализации, сами являются кислотами или основаниями. На нейтрализацию их также расходуется некоторое количество раствора.

4. Всегда следует титровать до появления одного и того же оттенка окраски раствора, используя для титрования по возможности одинаковые объемы титруемого раствора.

5. Необходимо выбирать такой индикатор, который изменяет свой цвет вблизи точки эквивалентности.

## Лекция 6. Методы окислительно-восстановительного титрования (редокс-метрия)

1. Сущность, методы окислительно-восстановительного титрования.
2. Виды окислительно-восстановительного титрования.
3. Окислительно-восстановительные индикаторы.

### Сущность, методы окислительно-восстановительного титрования

Окислительно-восстановительное титрование (редокс-метрия) основано на реакциях окисления-восстановления. При его проведении титруемое вещество вступает в окислительно-восстановительную реакцию с титрантом. Если титрант-окислитель, титрование называют окислительным, при титранте восстановитель называют восстановительным. Для количественного анализа подходят только те немногие реакции, которые:

- а) Протекают до конца
- б) Проходят быстро
- в) Образуют продукты определенного состава
- г) Позволяют фиксировать точку эквивалентности
- д) Являются необратимыми

В количественном анализе используют реакции с константой равновесия

$$Kp > 1 \cdot 10^8$$

Поскольку они стехиометричны. Реакции с меньшей константой (например, взаимодействие  $ASO_4^{3-}$  и  $I^-$ ,  $Kp = 5$ ) проходят не до конца и подвержены сильному влиянию различных факторов (ионная сила, рН, t-а). Медленно протекающие реакции (например, окисление  $Mn^{2+}$  персульфатом аммония  $Kp = 5 \cdot 10^{83}$   $(NH_4)_2S_2O_8$ ) непригодны, хотя и могут иметь большие константы равновесия.

В ряде случаев такие реакции можно ускорить нагреванием, добавлением катализатора.

Например, реакция между перманганатом калия и оксалатом аммония  $(NH_4)_2C_2O_4$  проходит медленно, но ускоряется при нагревании и катализируется ионами  $Mn^{2+}$ , образующимися при восстановлении  $MnO_4^-$ .

Необходимым условием применимости реакции является возможность определения точки эквивалентности, зависящая от величины ЭДС (разности потенциалов, реагирующих редокс-пар). ЭДС при химической индикации должна быть не менее 0,4 – 0,5 В, при инструментальной – не менее 0,2 В.

Титрантами в методах редокс-метрий служат растворы окислителей и восстановителей.

В зависимости от условий они могут вступать в реакции, в которых участвует разное количество электронов. Поэтому часто титранты не имеют постоянного эквивалента. Например, в кислой среде ион  $MnO_4^-$  ( $Mn^{+7}$ ) присоединяет 5

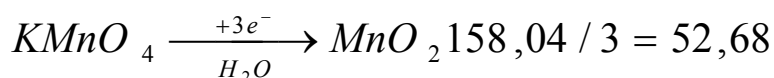
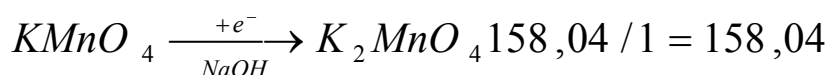
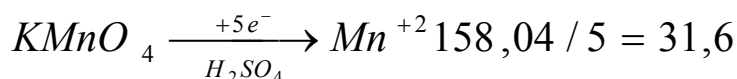
электронов и восстанавливается до  $Mn^{2+}$ , в щелочной среде 1 электрона и восстанавливается до  $MnO_4$ , в нейтральной 3 электрона и восстанавливается до  $MnO_2$ .

Поэтому в кислой среде

$$\mathcal{E}_{KMnO_4} = 158,04 / 5 = 31,606$$

щелочной  $\mathcal{E}_{KMnO_4} = 158,04$

нейтрально й  $\mathcal{E}_{KMnO_4} = 158,04$



В методах редокс-метрии чаще употребляют в качестве титрантов окислители в связи с большей устойчивостью их растворов (р-р  $K_2Cr_2O_7$  устойчив до 24 лет).

Растворы восстановителей менее устойчивы (окисление кислородом воздуха) и хранятся непродолжительное время.

В настоящее время разработано свыше 50 методов окислительно-восстановительного титрования.

### Виды окислительно-восстановительного титрования

Наиболее широкое применение получили следующие виды окислительно-восстановительного титрования:

- 1) Перманганатометрическое - титрант р-р  $KMnO_4$
- 2) Йодометрическое – титранты р-ры  $I_2$ ,  $Na_2S_2O_3$
- 3) Броматометрическое – титрант р-р  $KBrO_3$
- 4) Дихроматометрическое – титрант р-р  $K_2Cr_2O_7$  и др.

Используется несколько видов окислительно-восстановительного титрования – прямое, обратное и заместительное.

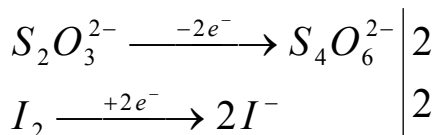
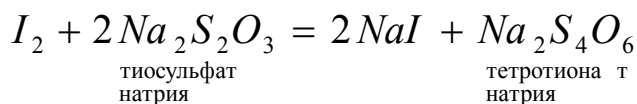
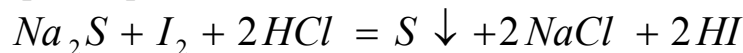
Прямое титрование проводят при ЭДС  $\geq 0,4$  В, что обеспечивает необходимую полноту и скорость протекания реакции.

Прямым титрованием определяют, например, йод (титрант р-р  $Na_2S_2O_3$ , ЭДС = 0,42 В,  $K_p = 10^{12}$ ), железо (II) (титрант р-р  $KMnO_4$  ЭДС = 0,74 В,  $K_p = 10^{6,4}$ ) и др.

Обратное титрование используется при медленно протекающих окислительно-восстановительных реакциях. При этом к титруемой смеси добавляют

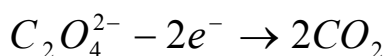
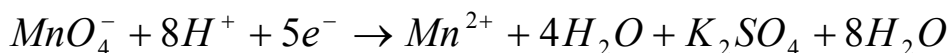
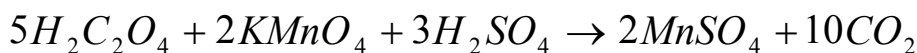
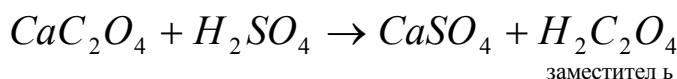
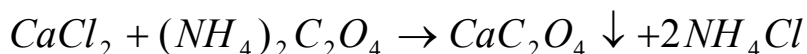
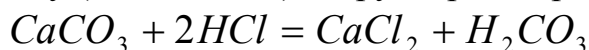
избыток титранта 1 и выдерживают определенное время (для полноты протекания реакции).

Затем избыток титранта 1 оттитровывают другим титрантом 2. Такой способ применяют, например, при определении сульфидов. К раствору сульфида натрия добавляют избыток титранта 1- раствора  $I_2$ , остаток которого затем титруют титрантом 2 – раствором  $Na_2S_2O_3$ :



Заместительное титрование проводят, определяя, заместитель – выделяющийся в эквивалентном количестве продукт реакции определяемого вещества с каким-либо реактивом.

Таким видом титрования анализируют вещества, не вступающие в окислительно-восстановительные реакции. Например,  $CaCO_3$  можно проанализировать, растворяя его в  $HCl$  и после нейтрализации раствора осаждая  $(NH_4)_2C_2O_4$  в виде осадка  $CaC_2O_4$ . Осадок затем обрабатывают  $H_2SO_4$  и выделившуюся щавелевую кислоту (заместитель) титруют раствором  $KMnO_4$



### **Окислительно-восстановительные индикаторы**

В методах окисления и восстановления для определения точки эквивалентности применяют инструментальные и индикаторные способы.

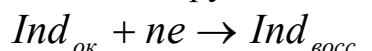
Из инструментальных способов широкое применение нашли потенциометрические и амперометрические титрования.

В индикаторных способах используют:

- а) окислительно-восстановительные (редокс) индикаторы, изменяющие цвет при изменении окислительно-восстановительного потенциала системы;
- б) специфические индикаторы, изменяющие свой цвет при появлении титранта или исчезновении определяемого вещества.

Редокс – индикаторы

Существует в двух формах - окисленной  $Ind_{окс}$ , восстановленной  $Ind_{вос}$ , причем цвет одной формы отличается от другой:



Переход индикатора из одной формы в другую и изменение его окраски происходит при определенном потенциале перехода, который наблюдается при равенстве концентраций окисленной и восстановленной форм индикатора и уравнению Нернста – Петерса:

$$E_{Ind} = E_{Ind}^0 + \frac{0,059}{n} \lg \frac{[Ind_{ок}]}{[Ind_{вос}]}$$

$$E_{Ind} = E_{Ind}^0 + \frac{0,059}{n} \lg \frac{[Ind_{ок}]}{[Ind_{вос}]}$$

$E_{Ind}$  равен нормальному окислительно-восстановительному потенциалу  $E^0$ .

При этом половина молекул индикатора существует в окисленной и половина в восстановительной форме. Интервал перехода индикатора (ИП), в котором происходит заметное изменение его окраски, лежит в пределах отношений концентраций обеих форм индикатора от 1/10 до 10/1 и равен

$$\text{при } \frac{[Ind_{ок}]}{[Ind_{вос}]} = \frac{1}{10}$$

$$E = E^0 + \frac{0,059}{n} \lg 10^{-1} = E^0 - \frac{0,059}{n}$$

$$\text{при } \frac{[Ind_{ок}]}{[Ind_{вос}]} = \frac{10}{1}$$

$$E = E^0 + \frac{0,059}{n} \lg 10^1 = E^0 + \frac{0,059}{n}$$

$$ИП = E^0 \pm \frac{0,059}{n}$$

Интервал перехода редокс-индикаторов очень невелик в отличие от кислотно-основных индикаторов. Среди редокс-индикаторов различают:

а) обратимые редокс-индикаторы, обратимо меняющие свой цвет при изменении потенциала системы.

б) необратимые редокс-индикаторы, которые подвергаются необратимому окислению или восстановлению, в результате чего цвет индикатора изменяется необратимо.

Из обратимых редокс-индикаторов часто применяют следующие: дифениламин, фенилантрахиноновая кислота, ферроин.

Специфические индикаторы применяют в ряде методов окисления-восстановления.

Наиболее часто применяют крахмал – индикатор на присутствие свободного йода, вернее трийодид ионов  $I_3^-$ . В присутствии  $I_3^-$  крахмал при комнатной температуре синееет.

## Лекция 7. Методы осаждения и комплексообразования

1. Сущность метода осаждения
2. Характерные реакции метода осаждения
3. Типы индикаторов
4. Комплексообразования и связь между методами осаждения

### Сущность метода осаждения

Методами осаждения называют методы объемного анализа, основанные на применении реакций, сопровождающихся выпадением осадка.

Выпадением осадка сопровождается довольно большое число химических реакций, однако очень немногие из них могут быть использованы для объемно-аналитических определений. Необходимым условием применимости подобных реакций для объемных определений, как и в случае других объемно-аналитических методов, является возможность точного наблюдения момента окончания реакции, т.е. точки эквивалентности. В каждом случае это будет момент прекращения дальнейшего образования осадка при приливании рабочего раствора к определяемому веществу.

Следует отметить, что методы осаждения были разработаны раньше всех объемно-аналитических методов. В начале прошлого века Гей-Люссак впервые применил для количественных определений реакцию между  $Ag^+$  и  $Cl^-$  ионами, сопровождающуюся образованием осадка  $AgCl$ . При выполнении этого определения к раствору, содержащему ионы  $Cl^-$ , приливают постепенно раствор  $AgNO_3$ . Каждую новую порцию раствора  $AgNO_3$  вводят только после того, как осадок, образовавшийся от приливания предыдущих порций, рабочего раствора полностью осядет. Когда новые капли  $AgNO_3$  больше не вызывают образования осадка  $AgCl$ , титрование считают законченным.

Этот метод, получивший название метода Гей-Люссака, на практике применяют редко, т.к. теперь имеется ряд других, более совершенных способов установления точки эквивалентности (с применением индикатора).

Наиболее широкое применение нашли следующие виды осадительного титрования: аргентометрическое, титрант – р-р  $AgNO_3$ ; тиоцианатометрическое (роданометрическое), титрант – р-р  $NH_4SCN$ ; меркурометрическое, титрант – р-р  $Hg_2(NO_3)_2$ , сульфатометрическое, титранты – р-р  $BaCl_2$  или  $H_2SO_4$ .

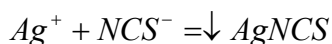
Аргентометрическое, титрант – р-р  $AgNO_3$ .

Аргентометрический метод объемно-аналитических определений основан на реакции:

$Ag + Hal \rightarrow AgHal$ , где  $Hal$  – соответственно  $Cl^-$ ,  $Br^-$ ,  $I^-$  ионы. Галогениды серебра представляют собой практически нерастворимые осадки.

Сравнительно менее растворимым осадком из перечисленных ионов является  $AgI$ , а наиболее растворимым  $AgCl$ .

Тиоцианатометрическое (роданометрическое), титрант – р-р  $NH_4SCN$ . Основной реакцией роданометрического метода является взаимодействие  $Ag^+$  ионов с  $NCS^-$  ионами:

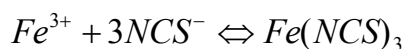


Образующийся в результате этой реакции роданид серебра представляет собой белый, практически нерастворимый ни в воде, ни в кислотах.

Вследствие нерастворимости осадка  $AgNCS$  в кислотах роданометрический метод гораздо удобнее, чем аргентометрический. Это преимущество особенно ценно в анализе серебряных сплавов, которые по ходу анализа приходится растворять в концентрированных кислотах.

### Типы индикаторов

Индикатором в роданометрии служат ионы железа (III), которые с избытком  $NCS^-$  ионов образуют роданид железа, окрашивающий раствор в кроваво-красный цвет:



В качестве индикатора удобнее всего применять железо-аммонийные квасцы  $Fe_2(SO_4)_3 \cdot (NH_4)_2SO_4 \cdot 24H_2O$  40% водный р-р.

Раствор роданида вполне устойчив; при длительном хранении его титр не изменяется.

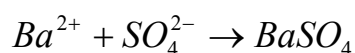
Для установки титра р-ра роданида используют приготовленный ранее титрованный р-р нитрата серебра. В титровальную колбу наливают пипеткой р-р  $AgNO_3$  и титруют его раствором роданида в присутствии железо-аммонийных квасцов (1 мл р-ра). Титровать следует не слишком быстро. Приобретает исчезающую буровато-красную окраску.

Меркурометрия – метод объемного анализа, основанный на образовании нерастворимых соединений ртути (I):



В качестве индикатора в меркурометрии применяют кроваво-красный р-р роданида железа, обесцвечивающийся в присутствии избытка  $[Hg_2]^{2+}$  ионов.  $3[Hg_2]^{2+} + 2Fe(SCN)_3 \rightarrow 2Fe^{3+} + 3Hg_2(SCN)_2$  или дифенил карбазон, образующийся с  $[Hg_2]^{2+}$  ионами осадок синего цвета.

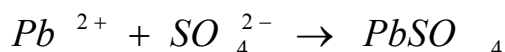
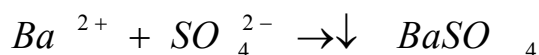
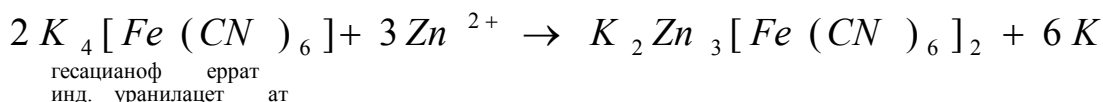
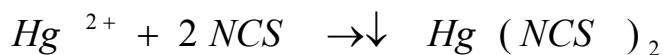
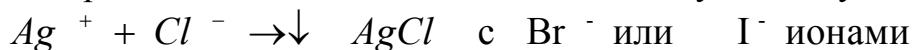
Сульфатометрическое титрование. Титрование  $Ba^{2+}$  ионов сульфатом основано на реакции:



Точку эквивалентности устанавливают, применяя родизонат натрия. При избытке  $Ba^{2+}$  ионов появляется красное окрашивание. В точке эквивалентности красное окрашивание исчезает.

## Характерные реакции метода осаждения

Из множества химических реакций, сопровождающихся выпадением осадка, в современных методах осаждения используют следующие:



и некоторые другие.

Кроме прямых определений методом осаждения, возможно также и косвенные сводящиеся к осаждению определяемого аниона ( $PO_4^{3-}$ ,  $CrO_4^{2-}$ ,  $AsO_4^{3-}$ ,  $CN$  и т.д.) определенным количеством титрованного раствора соли серебра и оттитрованию избытка последнего раствором роданида.

Вместо оттитрования избытка серебра можно отфильтровать осадок образовавшейся соли серебра, растворить его в кислоте и оттитровать в полученном растворе  $Ag^+$  ионы.

В осадительном титровании применяют три типа индикаторов – осадительные, металлохромные (комплексообразования), адсорбционные.

Осадительные индикаторы образуют с титрантом цветные осадки, при появлении которых заканчивают титрование. При этом важно, чтобы были выполнены два условия:

А) осадок титранта В с индикатором Ind должен лучше растворяться, чем осадок титранта В с веществом А ( $P_{BInd} > P_{BA}$ )

Б) осадок с индикатором должен образовываться в пределах скачка титрования.

Если не выполнено первое условие, то титрант образует цветной осадок с индикатором в начале процесса титрования, и такой индикатор не пригоден. При нарушении второго условия возрастает ошибка, т.к. индикация конца титрования наступает при значительном избытке титранта за пределами скачка титрования.

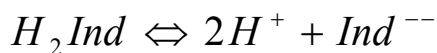
Во избежание этого определяют применимость осадительного индикатора, рассчитывая концентрацию титранта, необходимую для срабатывания (появления осадка  $V_{ind}$ ) индикатора.

Из осадительных индикаторов в аргентометрическом титровании применяют хромат калия  $K_2CrO_4$ . Металлохромные индикаторы дают с титрантом



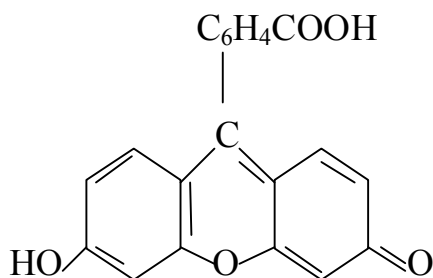
цветной комплекс, образующийся около точки эквивалентности. При появлении цвета титрование заканчивают.

Адсорбционные индикаторы в растворах ионизируют, образуя легко поляризуемые ионы, которые окрашены или меняют цвет под действием заряженных частиц – поляризаторов.



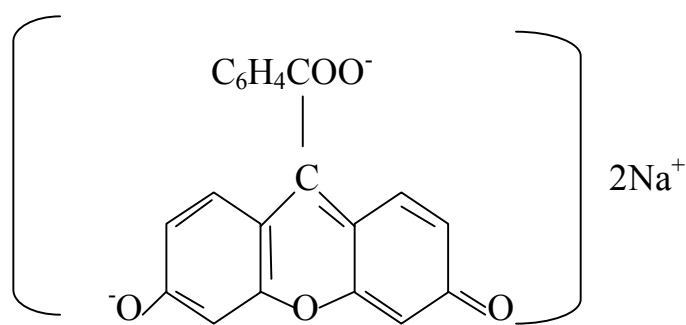
Адсорбционные индикаторы изменяют окраску не в растворе, а на поверхности выпавшего осадка. Анионы адсорбированного индикатора являются, в сущности, индикаторами на  $Ag^+$  – ионы, адсорбированные на поверхности коллоидных частиц галогенидов серебра.

В качестве адсорбционных индикаторов применяют флуоресцеин, тетрабромфлуоресцеин (эозин). Водно-щелочные растворы двуназатриевой соли флуоресцеина окрашены в красновато-желтый цвет, отличающийся интенсивной флуоресценцией, которая сохраняется даже при сильном разбавлении:



флуоресцеин

(хиноидная форма желто-коричневого цвета)

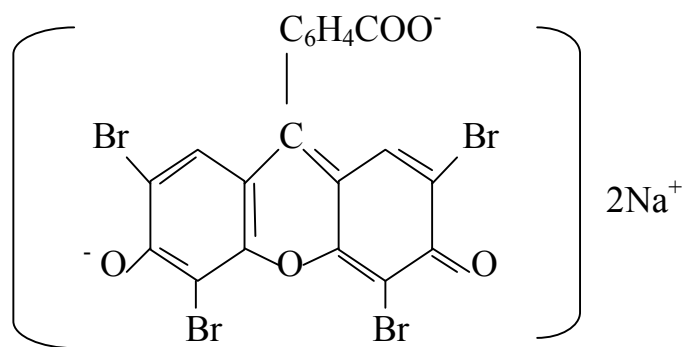


флуоресцеин

(двуназатриевая соль красновато-желтого цвета)

Вблизи точки эквивалентности окрашивает частицы осадка в красный цвет; эозин в растворе имеет розовую окраску, а частицы осадка окрашивает в красно-фиолетовый цвет.

Эозин представляет собой тетербромфлуоресцеин:



эозин

( двунариевая соль красного цвета )

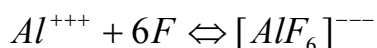
Для определения хлоридов обычно применяют в качестве адсорбционных индикаторов флуоресцеин.

При анализе бромидов, иодидов и роданидов более пригоден эозин.

### Комплексообразования и связь между методами осаждения

Методы комплексообразования основаны на использовании реакций комплексообразования,

Например:



Пользуясь методами комплексообразования можно количественно определять разнообразные катионы ( $Ag^+$ ,  $Hg^{2+}$ ,  $Al^{3+}$  и др.) и анионы ( $CN^-$ ,  $F^-$ ,  $Cl^-$ ) склонные вступать в реакции комплексообразования. Особое положение среди методов комплексообразования, так называемая комплексометрия (комплексометрическое титрование), основанная на применении реакций образования прочных комплексов соединений с нитрилотриуксусной, этилендиаминтетрауксусной и другими аминополикарбоновыми кислотами, дающими комплексные соединения со многими катионами.

Методы осаждения тесно связаны с методами комплексообразования, так как многие реакции осаждения сопровождаются комплексообразованием, а образование комплексов сопровождается осаждением малорастворимых соединений. Напр.:

$AgCl$  – осадок;  $[AgCl_2]^-$  - комплексный ион, образующийся при действии избытка  $Cl^-$  ионов на  $AgCl$ .

$AgCN$  – осадок;  $[Ag(CN)_2]^-$  - комплексный ион, образующийся при действии избытка  $CN^-$  на  $AgCN$ .

$\text{AgSCN}$  – осадок;  $[\text{Ag}(\text{SCN})_2]$  - комплексный ион, образующийся при действии избытка  $\text{SCN}^-$  на  $\text{AgSCN}$ .

Поэтому методы осаждения рассматриваются совместно с методами комплексообразования и образования слабых электролитов.

## Лекция 8. Метод комплексообразования

1. Основы метода
2. Комплексонометрия. Сущность метода
3. Теоретические основы комплексометрического титрования
4. Индикаторы
5. Классификация методов комплексометрического титрования

### Основы метода

Метод комплексообразования основан на том, что вещество, содержащееся в рабочем растворе, образует с анализируемым катионом прочное комплексное соединение, растворимое в воде. Хотя в ходе титрования осадок не образуется, концентрация определяемого иона по мере титрования уменьшается, так как все большее количество связывается в комплекс. В этом отношении процесс комплексообразования аналогичен процессу осаждения. Осаждение происходит тем полнее, чем меньше растворимость образующегося осадка.

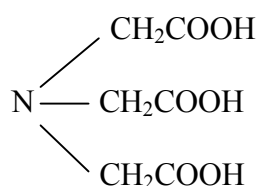
Определяемый ион связывается в комплекс тем полнее, чем прочнее этот комплекс, т.е. чем меньше константа его нестойкости.

В настоящее время в заводских и научно-исследовательских лабораториях широко применяют методы анализа, основанные на использовании реакций, которые сопровождаются образованием комплексных соединений катионов с органическими реактивами, называемые комплексами.

### Понятие о комплексонах. Комплексонометрия

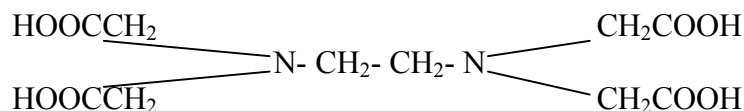
Комплексоны – это группа органических соединений, являющихся производными аминополикарбоновых кислот.

Комплексон I -нитрилтриуксусная кислота НТА, представляет собой трехосновную кислоту состава



Условно обозначают  $\text{H}_3\text{Y}$ .

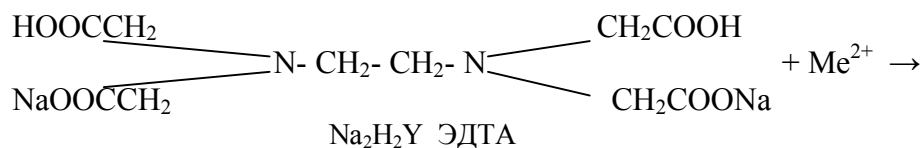
Комплексон II – этилендиаминтетрауксусная кислота ЭДТУ



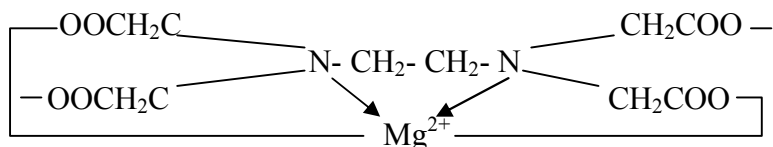
Условно обозначают  $H_4Y$

ЭДТУ плохо растворима в воде.

Комплексон III – динатриевая соль этилендиаминтетрауксусной кислоты – ЭДТА трилон Б.



растворим в воде



Комплексы металлов с ЭДТА образуется в одну стадию так, что при титровании в точке эквивалентности резко изменяется концентрация иона металла. Методом комплексонометрического титрования раствором ЭДТА можно с достаточной точностью определить содержание ионов различных металлов:  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Co}^{2+}$ ,  $\text{Pb}^{2+}$  и др.

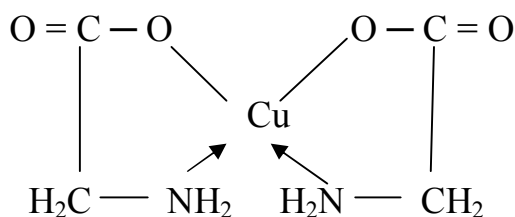
Этот метод широко применяют для определения общей жесткости воды, т.е. содержания в воде солей магния и кальция.

### Теоретические основы комплексонометрического титрования

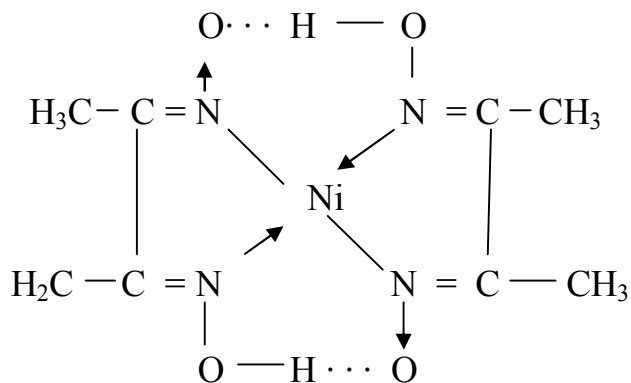
Строение образуемых внутри комплексных солей.

Анион, этилендиаминтетрауксусной кислоты, как четырехосновной кислоты, содержащей в своем составе четыре подвижных иона водорода и 2 атома азота с основными свойствами, обладает всего шестью атомами, которые участвуют в качестве лигандов при построении пятичленных циклов внутрикомплексных соединений. Классическими примерами такого типа соединений являются:

а) гликоколят меди

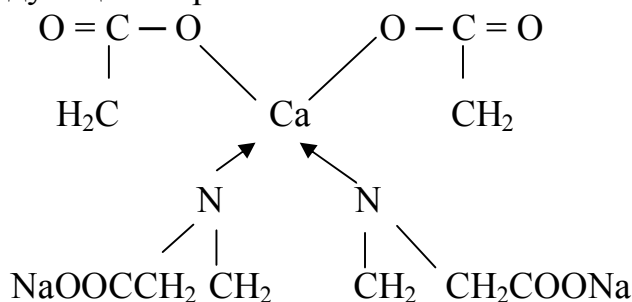


б) диметилглиоксимат никеля



Внутрикомплексные соли образуются во всех случаях, когда ионы металла – комплексообразователя, с одной стороны, замещают активные атомы водорода функциональных групп органического соединения, а с другой стороны – взаимодействуют с какими-либо группами, способными сочетаться с данным ионом координационной связью.

Наиболее ценными свойствами комплексонов, широко используемым в анализе, являясь их способность давать внутрикомплексные соли даже с ионами щелочноземельных металлов: магнием, кальцием, барием, которые, как известно, трудно или невозможно перевести в комплексные соединения другими средствами. Строение внутрикомплексной соли кальция ( $Na_2CaY$ ) можно схематически представить следующим образом:



Способность карбоксильных групп давать соли металлов усиливается эффектом образования внутрикомплексных солей. Поэтому комплексоны образуют внутрикомплексные соединения с катионами щелочноземельных, редкоземельных и других элементов. Образуемые соединения отличаются достаточно малыми величинами констант нестойкости комплексных ионов (*напр.*  $Ca^{++}$  около  $10^{-10}$   $Zn^{++}$   $10^{-16}$ ) достаточно большими значениями  $pK$   
 $Ca^{++} pK = 10$   $Zn^{++} pK = 16$

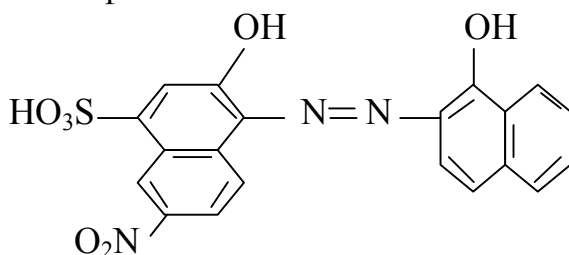
## Индикаторы

В качестве индикаторов в комплексометрических титрованиях часто применяют красители: кислотный хром темно-синий, кислотный хромоген черный специальный (иначе называемый эриохром черный Т или хромоген черный).

Эти индикаторы в щелочной среде имеют синюю окраску. Ионы кальция, магния и ряда других металлов образуют с индикаторами внутрикомплексные соединения, окрашенные в вишнево-красный цвет. При титровании трилоном Б раствора, содержащего определяемый катион и индикатор, ионы металла переходят от индикатора к трилону Б; при этом выделяется свободный индикатор. В точке эквивалентности красная окраска раствора переходит в синюю, свойственную индикатору.

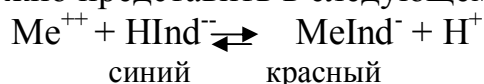
Эриохром черный Т.

Эриохром черный Т явл-ся органическим азокрасителем группы 0,0 – диоксиазонафталина:



Диссоциирующий с образованием  $H^+$ ,  $H_2Ind^-$ ,  $HInd^-$ ,  $Ind^{3-}$ . В его молекулу входят две фенольные группы хромофорная азогруппа. Поэтому эриохром черный Т способен реагировать с ионами металла-комплексообразователя с образованием комплексных соединений. Сам индикатор окрашен в синий цвет. В нейтральной или щелочной среде при pH = 7-11 он образует с ионами металлов ( $Cu^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Zn^{2+}$ ,  $Mn^{2+}$ ,  $In^{+++}$ ,  $Al^{+++}$ ) соединения красного цвета.

Уравнение реакции можно представить в следующем виде:



Для поддержания pH раствора на требуемом уровне обычно в титруемый раствор добавляют аммиачную буферную смесь.

Другие комплексометрические индикаторы.

Кроме указанных выше, являющихся лучшими индикаторами, предложены также: мурексид – аммониевая соль пурпуровой кислоты, пирокатехиновый фиолетовый, дитизон и др.

## Классификация методов комплексометрического титрования

### Метод прямого титрования.

Анализируемый раствор, содержащий катионы определяемого металла, разбавляют в мерной колбе и берут для титрования аликвотную часть раствора.

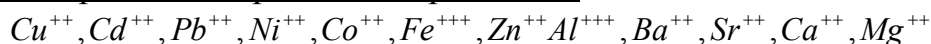
Титрование ведут стандартным раствором комплексона 3 в щелочной среде с индикатором эриохромом черным Т или в кислой среде с ксиленоловым оранжевым.

Для этого титруемый раствор предварительно перед титрованием доводят до определенного значения pH при помощи буферного раствора. Наряду с бу-

ферным раствором иногда добавляют еще вспомогательный комплексообразователь (тарtrat, цитрат и т.д.), связывающий некоторые катионы и удерживающий их в растворимом состоянии во избежание выпадения осадков гидроксидов и щелочном растворе.

В процессе прямого титрования концентрация определяемого катиона сначала снижается постепенно, затем вблизи точки эквивалентности резко падает. Этот момент замечается по изменению окраски введенного индикатора, мгновенно реагирующего на изменение концентрации катионов металла-комплексообразователя.

Методом прямого титрования определяют



и некоторые другие катионы.

Метод обратного титрования.

В тех случаях, когда по тем или иным причинам невозможно провести прямое титрование определяемого катиона, пользуются методом обратного титрования.

К анализируемому раствору прибавляют точно измеренный объем стандартного р-ра комплексона, нагревают до кипения для завершения комплексообразования и затем на ходу оттитровывают избыток комплексона титрованным раствором  $MgSO_4, ZnSO_4$ .

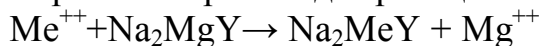
Для установления точки эквивалентности применяют металл-индикатор, реагирующий на ионы магния или цинка. Метод обратного титрования применяют в тех случаях, когда нет подходящего индикатора на катионы определяемого металла, когда в буферном растворе катионы образуют осадок и когда реакция комплексообразования протекает медленно.

Методом обратного титрования также определяют содержание катиона в нерастворимых в воде осадках.

Метод титрования заместителя

Метод комплексометрического титрования заместителя основан на том, что  $Mg^{2+}$  ионы дают с комплексом менее устойчивое комплексное соединение, чем подавляющее большинство других катионов.

Поэтому, если смещать катионы определяемого металла с магниевым комплексом комплексона 3, то при этом произойдет реакция обмена:



В следствие того, что  $Mg^{2+}$  ионы образуют с комплексом более устойчивое комплексное соединение  $pK_{\text{компл.}} Mg^{2+} > 8,7$ , чем  $Mg^{2+}$ , равновесие указанной реакции сдвигается вправо.

Если по окончании реакции вытеснения оттитровать  $Mg^{2+}$  стандартным раствором комплексона 3 в присутствии эриохрома черного Т, то можно рассчитать содержание  $Mg^{2+}$  ионов в исследуемом растворе.

**Контрольные вопросы**  
Контрольная работа №1  
Качественный анализ

1. В чем заключается сущность систематического хода анализа? Какие реактивы называют групповыми? Как пользуясь, кислотно-основным методом, разделить катионы  $\text{Ag}^+$  и  $\text{Pb}^{2+}$ ?
2. В чем заключается сущность дробного метода анализа? Приведите пример дробной реакции обнаружения катиона  $\text{Mn}$ .
3. Как и для чего проверяют полноту осаждения отделяемого катиона? К каким ошибкам кислотно-основного метода приводит неполное осаждение катионов II группы в ходе анализа их смеси?  
Уравнения реакций напишите в вещественной и ионной формах.
4. Объясните, почему катионы I аналитической группы кислотно-основного метода анализа не имеют группового реагента? Какими качественными реакциями обнаруживают катионы  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{NH}_4^+$ ?
5. К каким ошибкам приводит в кислотно-основном методе неполное осаждение катиона  $\text{Ba}^{+2}$  для последующего обнаружения катиона  $\text{Ca}^{2+}$ ? Напишите уравнения реакций обнаружения этих катионов в вещественной и ионной формах.
6. Почему при систематическом анализе смеси катионов кислотно-основным методом ион аммония  $\text{NH}_4^+$  I группы в предварительной пробе? Каким образом можно удалить ионы аммония из смеси катионов (уравнения реакций)?
7. Приведите в вещественной и ионной формах уравнения реакций хлорида бария с дихроматом калия. Как можно сдвинуть равновесие реакции
$$\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + \text{H}_2\text{O} = \text{CrO}_4^{2-} + 2\text{H}^+$$
в ту или другую сторону? С какой целью прибавляют ацетат натрия?
8. Используя кислотно-основной метод анализа, укажите, какие соединения и почему выпадут в осадок, а также останутся в растворе, если на смесь катионов IV и V групп  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$  подействовать избытком  $\text{NH}_3$ ? Напишите уравнение реакций в вещественной и ионной формах.
9. Используя кислотно-основной метод анализа, укажите, какие соединения и почему выпадут в осадок, а также останутся в растворе, если на смесь катионов V и VI групп подействовать избытком  $\text{NH}_3$ ? Напишите уравнение реакций в вещественной и ионной формах.
10. Почему гидроксид магния не осаждается в присутствии солей аммония? Напишите реакцию взаимодействия хлорида магния с гидрофосфатом натрия в вещественной и ионной формах.
11. Что называется степенью диссоциации? Как меняется степень диссоциации слабых электролитов при добавлении одноименных ионов и при разбавлении растворов?
12. Чем различается диссоциация в водных растворах сильных и слабых электролитов? Приведите примеры схем диссоциации. Что такое активность?



13. В чем заключается сущность протолитической теории Бренстеда-Лоури? Приведите примеры кислот, оснований?
14. Какие соединения являются в водном растворе кислотами, а какие основаниями с точки зрения протолитической теории Бренстеда-Лоури:  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{HClO}_4$ ,  $\text{CN}$ ,  $\text{NH}_4$ ,  $\text{CO}_3$ ,  $\text{HCO}_3$ ,  $\text{Cl}$ ?
15. Что такое сила кислот и оснований в соответствии с протолитической теорией? Приведите примеры.
16. Что такое активность, коэффициент активности, ионная сила раствора? В каких случаях коэффициент активности можно принять равным единице?
17. Какие вещества называют электролитами и неэлектролитами? Сильные и слабые электролиты. Приведите примеры.
18. Какие электролиты называют сильными и слабыми? Что называют степенью диссоциации? Каково ее математическое выражение? Напишите формулы известных вам сильных и слабых кислот и оснований и найдите в справочнике значение констант диссоциации.
19. Напишите математическое выражение константы диссоциации уксусной кислоты. Найдите ее числовое значение в справочнике. Имеют ли сильные электролиты константы диссоциации?
20. Сформулируйте закон действующих масс. Что называют константой химического равновесия? Укажите факторы, определяющие равновесие (с примерами).
21. Вычислите молярность раствора карбоната натрия, если в 250,0мл раствора содержится 1,000 грамм х.ч.  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ?
22. Вычислите объем соляной кислоты (плотность 1,19 г/см<sup>3</sup>), который нужно взять для приготовления 500,0 мл 0,5000 н. раствора.
23. Вычислите молярность 20%-ного раствора серной кислоты, плотность которого 1,14 г/см<sup>3</sup>.
24. Какой объем 10,0н раствора  $\text{HCl}$  следует добавить к 500,0мл воды для получения 2,0%-ного раствора  $\text{HCl}$ .
25. Какой объем 8,0 н. раствора  $\text{NaOH}$  требуется для приготовления 1л 5,0%-ного раствора (плотность 1,06 г/см<sup>3</sup>)?
26. До какого объема следует разбавить 700,0 мл 0,2464 н. раствора, чтобы получить 0,2000 н. раствор? Сколько воды следует добавить при этом?
27. Сколько мл 2,00 н. раствора азотной кислоты нужно взять для приготовления 3л 0,10н. раствора?
28. Сколько мл 20%-ного раствора соляной кислоты (плотность 1,098 г/см<sup>3</sup>) нужно взять для приготовления 5л 0,10 н. раствора?
29. Вычислите молярность серной кислоты плотностью 1,435 г/см<sup>3</sup>?
30. 75,0 мл соляной кислоты плотностью ( $d=1,1$  г/см<sup>3</sup>) разбавили до 900,0 мл. Определите нормальность полученной кислоты?
31. Насыщенный раствор хлорида серебра содержит в 0,00139г  $\text{AgCl}$ , при температуре 25°C. Вычислите произведение растворимости этой соли (формульная масса соли 137,4г).

32. Вычислите произведение растворимости соединения  $MgNH_4PO_4$ , если в 300,0мл насыщенного раствора содержится 2,59 г этой (формульная масса этой соли 137,4г).
33. Вычислите растворимость  $BaCrO_4$  г/дм<sup>3</sup>: 1) в воде; 2) в 0,10М растворе  $K_2CrO_4$ .
34. Вычислите растворимость  $AgCl$  в г/дм<sup>3</sup>: 1) в воде; 2) в 0,10М растворе  $KCl$ .
35. К раствору, содержащему 0,10моль/дм<sup>3</sup>  $Pb(NO_3)_2$  и 0,10моль/дм<sup>3</sup>  $Hg_2(NO_3)_2$ , постепенно добавляют  $KCl$ , какой из катионов  $Pb^{2+}$  или  $Hg_2^{2+}$  начнет осаждаться первыми?
36. Вычислите произведение растворимости  $Fe(OH)_3$ , если растворимость ее в воде равна  $2 \cdot 10^{-3}$  г/дм<sup>3</sup>.
37. Насыщенный раствор йода серебра содержит  $9,1 \cdot 10^{-9}$  г  $AgI$ , в 1л при температуре 25°C. Вычислите произведение растворимости этой соли (формульная масса соли = 235,8г).
38. Вычислите, выпадает ли осадок  $PbCl_2$  ( $IP=1,6 \cdot 10^{-5}$ ) при смешении 0,01 раствора  $Pb(NO_3)_2$  с равным объемом 0.01М раствора  $HCl$ . Если осадок  $PbCl_2$  не выпадает, то что нужно сделать, чтобы осадить свинец из раствора?
39. Растворимость  $CaSO_4$  равна 1г/дм<sup>3</sup>. Этот насыщенный раствор сульфата кальция смешивают с равным объемом раствора оксалата аммония  $(NH_4)_2C_2O_4$ , содержащим 0,0248г соли в 1л. Вычислите произведение концентраций  $[Ca^{2+}] \cdot [C_2O_4]^{2-}$  в момент сливания растворов и решите, образуется ли осадок  $CaC_2O_4$  ( $IP_{CaC_2O_4} = 2,3 \cdot 10^{-9}$ ).
40. Как повлияет на растворимость присутствие в растворе  $Na_2C_2O_4$  в концентрации 0,10М ( $IP_{Na_2C_2O_4} = 2,3 \cdot 10^{-9}$ )?
41. Какие из катионов  $Al^{3+}$ ,  $Cr^{3+}$ ,  $Sn^{2+}$ ,  $Fe^{3+}$ ,  $Mn^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$  обладают амфотерными свойствами? Напишите уравнения реакций в молекулярной и ионной формах.
42. Приведите примеры амфотерных соединений и реакций. При разделении катионов, каких аналитических групп в кислотно-основном методе анализа используют амфотерность?
43. Как отделить катионы IV аналитической группы кислотно-основного метода от катионов VI аналитической группы?
44. Какими реагентами можно сдвинуть равновесие:  
 $3H^+ + AlO_3^{3-} = Al(OH)_3 = Al^{3+} + 3OH^-$   
 а) в сторону образования алюминат-ионов;  
 б) в сторону образования катионов алюминия?
45. Напишите уравнения диссоциации комплексного соединения  $[Al(NH_3)_2]NO_3$ : найдите в таблице значение константы устойчивости и запишите ее выражение: напишите реакцию образования и разрушения комплексного иона.
46. Напишите уравнения диссоциации комплексного соединения  $[Ni(NH_3)_6]SO_4$ : найдите в таблице значение константы устойчивости и запишите ее выражение: напишите реакцию образования и разрушения комплексного иона.
47. Напишите уравнения диссоциации комплексного соединения  $[Cu(NH_3)_4]SO_4$ : найдите в таблице значение константы устойчивости и за-

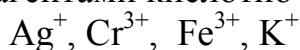
пишите ее выражение: напишите реакцию образования и разрушения комплексного иона.

48. Напишите уравнения диссоциации комплексного соединения  $[\text{Zn}(\text{NH}_3)_6]\text{SO}_4$ : найдите в таблице значение константы устойчивости и запишите ее выражение: напишите реакцию образования и разрушения комплексного иона.
49. Напишите уравнения диссоциации комплексного соединения  $(\text{NH}_4)_2[\text{Co}(\text{SCN})_4]$ : найдите в таблице значение константы устойчивости и запишите ее выражение: напишите реакцию образования и разрушения комплексного иона.
50. Напишите уравнения диссоциации комплексного соединения  $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ : найдите в таблице значение константы устойчивости и запишите ее выражение: напишите реакцию образования и разрушения комплексного иона.
51. Что называют гидролизом солей? Приведите примеры, как подавить или усилить гидролиз?
52. Какую реакцию среды и почему имеет раствор соли  $\text{CH}_3\text{COONa}$ ? Напишите уравнение реакций гидролиза, в молекулярной и ионной формах.
53. Напишите уравнение реакций гидролиза солей  $\text{FeCl}_3$  и укажите, в какую сторону будет смещаться равновесие и почему при повышении температуры, разбавления водой и подкислении раствора?
54. Напишите уравнение реакций гидролиза соли  $\text{K}_3\text{PO}_4$  в молекулярной и ионной формах.
55. Укажите, какие из солей  $\text{NaCl}$ ,  $\text{NH}_4\text{Cl}$ ,  $\text{NH}_3\text{COONa}$ ,  $\text{AlCl}_3$  подвергается гидролизу. Напишите уравнение реакции и укажите pH раствора?
56. Как можно подавить и усилить гидролиз раствора  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ? Напишите уравнение реакции?
57. Объясните, почему при приготовлении водного раствора хлорида олова прибавляют соляную кислоту? Напишите уравнение реакции.
58. Как протекает гидролиз солей многоосновных кислот? Приведите уравнения реакций.
59. В каких случаях и почему водные растворы солей имеют:  
а) нейтральную; б) кислотную; в) щелочную реакции. Приведите примеры.
60. Напишите уравнения реакций гидролиза  $\text{CH}_3\text{COOK}$ . Укажите способы усиления и подавления гидролиза.
61. К 1л 0,10н раствора соляной кислоты прибавили 0,01 моля гидроксида натрия, Как изменится pH раствора?
62. Вычислите pH раствора, содержащего 1,00г соляной кислоты в 1л раствора.
63. Вычислите pH раствора, содержащего 1,20г уксусной кислоты в 200,0мл раствора.  $K_{\text{CH}_3\text{COOH}} = 1,8 \cdot 10^{-5}$ .
64. Вычислите pH раствора, полученного растворением 1,68г гидроксида калия в 300,0мл воды.
65. Вычислите pH раствора, полученного разбавлением 10,0мл 0,10н раствора аммиака до 50,0мл  $K_{(\text{NH}_3+\text{H}_2\text{O})} = 1,74 \cdot 10^{-5}$ .

66. Вычислите рН раствора, полученного разбавлением 5,0мл 27%-ного раствора гидроксида калия до 300,0мл.
67. Вычислите рН 0,25%-ного раствора аммиака  $K_{(NH_3+H_2O)}=1,74 \cdot 10^{-5}$ .
68. Вычислите рН раствора, полученного разбавлением водой 200,0мл 12%-ного раствора азотной кислоты до 2000,0мл.
69. Вычислите рН раствора, полученного разбавлением водой 50,0мл 18%-ного раствора гидроксида натрия до 250,0мл.
70. Вычислите  $H^+$  и рН в 0,5 н раствора муравьиной кислоты  $K_{HCOOH}=1,8 \cdot 10^{-4}$ .
71. Вычислите рН ацетатной буферной смеси, содержащей по 0,10 молю кислоты и соли. Как изменяется рН при добавлении к 1л смеси 0,01 моля кислоты  $K_{CH_3COOH}=1,8 \cdot 10^{-5}$ .
72. Чему равен рН аммонийной буферной смеси, содержащей по 0,10 молю кислоты и соли. Как изменяется рН при добавлении к 1л смеси 0,01 моля гидроксида натрия  $K_{(NH_3+H_2O)}=1,74 \cdot 10^{-5}$ .
73. Вычислите рН аммонийной буферной смеси, полученной растворением 3,20г нитрата аммония в 100,0мл 0,10н раствора аммиака  $K_{(NH_3+H_2O)}=1,74 \cdot 10^{-5}$ .
74. Вычислите рН ацетатной буферной смеси, полученной растворением 1,84г ацетата натрия в 100,0мл 0,1н раствора уксусной кислоты  $K_{CH_3COOH}=1,810^{-5}$ .
75. Вычислите рН формиатной буферной смеси, полученной растворением 1,0г гидроксида натрия в 250,0мл 0,20н раствора муравьиной кислоты  $K_{HCOOH}=1,8 \cdot 10^{-4}$ .
76. Вычислите рН ацетатной буферной смеси, полученной смешением 100,0мл 0,40н раствора ацетата натрия 100,0мл 0,20н раствора соляной кислоты.  $K_{CH_3COOH}=1,8 \cdot 10^{-5}$ .
77. Вычислите рН буферной смеси, состоящей из 0,01н уксусной кислоты и 0,02н раствора ацетата калия  $K_{CH_3COOH}=1,8 \cdot 10^{-5}$ .
78. Вычислите рН аммонийной буферной смеси, полученной смешением 500,0мл 0,20н раствора аммиака с 500,0мл 0,10н раствора соляной кислоты  $K_{(NH_3+H_2O)}=1,74 \cdot 10^{-5}$ .
79. Как изменится рН раствора при добавлении 10,0мл 1,0н раствора соляной кислоты к 1л ацетатной буферной смеси, состоящей из 0,10н уксусной кислоты и 1,0н ацетата натрия.  $K_{CH_3COOH}=1,8 \cdot 10^{-5}$ .
80. 500,0мл раствора содержит 4,0г аммиака и 53,0г хлорида аммония. Вычислите концентрацию ионов  $H^+$ ,  $OH^-$ , рН раствора.  $K_{(NH_3+H_2O)}=1,74 \cdot 10^{-5}$ , молекулярная масса  $NH_3=1$ ; молекулярная масса  $NH_4Cl=53,5$ .
81. Напишите уравнения реакций в ионно-электронной и вещественной формах: выпишите из таблиц значение стандартных потенциалов редокспар, установите по ним окислитель и восстановитель:
- а)  $Cr(NO_3)_3 + NaBiO_3 + HNO_3 -$
- б)  $CuSO_4 + KJ -$
82. Напишите уравнения реакций в ионно-электронной и вещественной формах: выпишите из таблиц значение стандартных потенциалов редокспар, установите по ним окислитель и восстановитель:
- а)  $KJ + KNO_2 + H_2SO_4$



83. а)  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_7 + \text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 -$   
 б)  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 -$
84. а)  $\text{Bi}(\text{NO}_3)_3 + \text{Na}_2\text{SnO}_2 + \text{NaOH} -$   
 б)  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{FeCl}_2 + \text{HCl} -$
85. а)  $\text{NaNO}_2 + \text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{H}_2\text{SO}_4 -$   
 б)  $\text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{SnCl}_2 + \text{HCl} -$
86. а)  $\text{Cr}(\text{NO}_3)_3 + \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_8 + \text{H}_2\text{O} -$   
 б)  $\text{MnCl}_2 + \text{HCl}_{(\text{конц.})} -$
87. а)  $\text{KMnO}_4 + \text{FeSO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 -$   
 б)  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{KJ} + \text{H}_2\text{SO}_4 -$
88. а)  $\text{KMnO}_4 + \text{NaBr} + \text{H}_2\text{SO}_4 -$   
 б)  $\text{PbO}_2 + \text{Mn}(\text{NO}_3)_2 + \text{HNO}_3 -$
89. а)  $\text{KJ} + \text{KNO}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 -$   
 б)  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{FeCl}_2 + \text{HCl} -$
90. а)  $\text{Cr}(\text{NO}_3)_3 + \text{H}_2\text{O}_2 + \text{NaOH} -$   
 б)  $\text{Mn}(\text{NO}_3)_2 + (\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8 + \text{H}_2\text{O} -$
91. Предложите схему и порядок разделения смеси указанных катионов групповыми реагентами кислотного-основного метода анализа:



92.  $\text{Ba}^{2+}, \text{Al}^{3+}, \text{Mn}^{2+}, \text{NH}_4^{2+}$
93.  $\text{Ag}^+, \text{Ba}^{2+}, \text{Cu}^{2+}, \text{Fe}^{3+}$
94.  $\text{Pb}^{2+}, \text{Al}^{3+}, \text{Mn}^{2+}, \text{Mg}^{2+}$
95.  $\text{Ca}^{2+}, \text{Sn}^{2+}, \text{Na}^+, \text{Mg}^{2+}$
96.  $\text{Ba}^{2+}, \text{Fe}^{3+}, \text{Mn}^{2+}, \text{Cu}^{2+}$
97.  $\text{Ba}^{2+}, \text{Cr}^{3+}, \text{Ni}^{2+}, \text{Mg}^{2+}$
98.  $\text{NH}_4^+, \text{Ca}^{2+}, \text{Co}^{2+}, \text{Mn}^{2+}$
99.  $\text{Pb}^{2+}, \text{Ba}^{2+}, \text{Cr}^{3+}, \text{Mn}^{2+}$
100.  $\text{Ag}^+, \text{Ba}^{2+}, \text{Sn}^{2+}, \text{Fe}^{3+}$

## Контрольная работа №2 Количественный анализ

1. Сколько мл 5% раствора  $\text{BaCl}_2$  нужно взять для осаждения сульфат-иона из 10,0мл 1% раствора серной кислоты?
2. Сколько мл 5% раствора аммиака нужно взять для осаждения гидроксида железа из навески 0,5263г руды, содержащей 12% железа?
3. Сколько мл 5% раствора хлорида кальция нужно взять для осаждения иона фтора из навески 0,7956г фторида натрия?
4. Сколько мл 3% раствора оксалата аммония нужно взять для осаждения кальция в виде оксалата из навески 0,5617г карбоната кальция?
5. Сколько мл 2,0н раствора серной кислоты нужно взять для осаждения бария из раствора, содержащего 0,6243г хлорида бария?

6. Сколько мл 4% раствора серной кислоты нужно взять для осаждения из 0,5566г  $BaCl_2$ ?
7. Сколько мл 3% раствора  $BaCl_2$  нужно взять для осаждения сульфат-иона из 20,0мл серной кислоты?
8. Сколько мл 5% раствора серной кислоты нужно взять для осаждения иона бария из раствора, 0,4859г безводного  $BaCl_2$  ?
9. Сколько мл 2,5% раствора хлорида магния нужно взять для осаждения  $MgNH_4PO_4$  из навески 0,5034г безводного тринатрийфосфата  $Na_3PO_4$ ?
10. Сколько мл 5% раствора серной кислоты нужно взять для осаждения иона стронция из навески 0,5034г безводного хлорида стронция ?
11. Какие требования предъявляются в титриметрическом методе анализа к исходным веществам?
12. Как подбирают индикатор при титровании кислотами и щелочами? Что такое точки эквивалентности?
13. Что такое скачок титрования? Как, используя кривую титрования, правильно выбрать индикатор?
14. Как, зная константу диссоциации кислотно-основных индикаторов, найти интервал изменения окраски этих индикаторов?
15. Приведите кривую титрования 0,1н раствора карбоната натрия 0,1н раствором соляной кислоты. Укажите рН среды в точках эквивалентности при титровании с индикаторами фенолфталеином и метиловым оранжевым.
16. Приведите кривую титрования раствора аммиака раствором соляной кислоты. Укажите рН среды в точке эквивалентности. Объясните выбор индикатора?
17. Приведите кривую титрования раствора муравьиной кислоты раствором гидроксида калия. Укажите рН среды в точке эквивалентности. Объясните выбор индикатора?
18. Какая реакция лежит в основе метода кислотно-основного титрования? Как меняется рН раствор при титровании слабой кислоты сильным основанием? В какой среде находится точка эквивалентности?
19. Охарактеризуйте тетраборат натрия как исходное вещество, применяемое при стандартизации кислот. Напишите уравнения химических реакций тетрабората натрия с соляной кислотой. Обоснуйте выбор индикатора.
20. Можно ли титровать 0,1н раствора гидроксида натрия 0,1н раствором соляной кислоты с индикатором натриамином (рТ=12)? Приведите кривую титрования, и с ее помощью решите вопрос о возможности применения индикатора нитрамина.
21. Рассчитайте навеску х.ч. карбоната натрия, если на титрование израсходовано 25,00мл HCL с титром гидроксида натрия 0,008000г/мл?
22. На титрование навески 0,1560г х.ч. янтарной кислоты израсходовано 25,00мл гидроксида натрия. Вычислите нормальность раствора гидроксида натрия и его титр по соляной кислоте.

23. Для приготовления стандартного раствора карбоната натрия взяли навеску 1,3250г х.ч.  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , растворили ее и разбавили раствор водой в мерной колбе до объема 250мл. Вычислите титр карбоната натрия по соляной кислоте.
24. Рассчитайте содержание  $\text{CH}_3\text{COOH}$  в растворе, если на титрование пошло 20,00мл гидроксида натрия с титром 0,04614г/мл, вычислите титр гидроксида натрия по уксусной кислоте.
25. На титрование раствора, содержащего х.ч. карбонат натрия, израсходовано 20,00мл 0,1200н раствора соляной кислоты. Вычислите титр  $\text{HCl}$  по карбонату натрия и содержание  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ .
26. Рассчитайте навеску х.ч. щавелевой кислоты для приготовления 500,0мл 0,1000н раствора и вычислите титр полученного раствора  $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  по  $\text{KOH}$ .
27. На титрование раствора, содержащего 1,0250г х.ч.  $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , требуется 25,0мл гидроксида натрия. Вычислите титр и нормальность раствора гидроксида натрия, а также титр его по щавелевой кислоте.
28. Рассчитайте титр раствора соляной кислоты по гидроксиду натрия, если на титрование раствора, содержащего 0,2167г х.ч. карбоната натрия, требуется 21,00мл этого раствора.
29. На титрование 20,00мл раствора соляной кислоты с титром 0,003512г/мл израсходовано 25,00мл раствора гидроксида натрия. Вычислите титр  $\text{NaOH}$  по  $\text{HCl}$  и титр  $\text{NaOH}$  по  $\text{H}_2\text{SO}_4$ .
30. Для нейтрализации 20,00мл 0,1000н раствора соляной кислоты потребовалось 8,00мл раствора гидроксида натрия. Определите титр и процентную концентрацию раствора гидроксида натрия.
31. Навеску образца 0,1535г окиси магния растворили в 40,00мл соляной кислоте с титром 0,003648г/мл. На титрование избытка кислоты израсходовано 7,50мл  $\text{NaOH}$  с титром 0,004040г/мл. Вычислите процентное содержание  $\text{MgO}$  в образце.
32. На титрование раствора, содержащего 3,5580г технического  $\text{KOH}$ , израсходовано 28,00мл раствора  $\text{HCl}$  с титром по  $\text{NaOH}$  0,07492г/мл. Вычислите процентное содержание  $\text{KOH}$  в образце.
33. Навеску 2,2418г технического тетрабората натрия растворили в мерной колбе емкостью 100,0мл. На титрование 20,00мл этого раствора израсходовано 25,00мл соляной кислоты с титром по гидроксиду натрия 0,003974г/мл. Вычислите процентное содержание х.ч. тетрабората натрия  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$  в растворе.
34. На титрование раствора, содержащего 3,2002г  $\text{KOH}$ , израсходовано 28,00мл раствора  $\text{HCl}$  с титром по  $\text{NaOH}$  0,06400г/мл. Вычислите процентное содержание  $\text{KOH}$  в образце.
35. Навеску 1,0606г карбоната натрия растворили в мерной колбе емкостью 100,0мл. На титрование 20,00мл этого раствора в присутствии индикатора метилового оранжевого израсходовано 25,75мл соляной кислоты. Вычислите нормальность и титр раствора  $\text{HCl}$ .

36. Навеску 0,6000г х.ч.  $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  растворили в мерной колбе емкостью 100,0мл. На титрование 10,00мл этого раствора израсходовано 9,52мл NaOH. Вычислите нормальность раствора и его титр по щавелевой кислоте.
37. Навеску 0,3950г известняка растворили в 50,00мл 0,1295н раствора HCl. На титрование избытка кислоты израсходовано 10,55мл раствора NaOH с титром 0,004465г/мл. Вычислите процентное содержание  $\text{CaCO}_3$  в образце.
38. Навеска образца окиси цинка 0,2046г растворена в 50,00мл раствора серной кислоты с титром 0,004904г/мл. Избыток кислоты оттитрован 10,00мл раствора NaOH с титром 0,004040г/мл. Вычислите процентное содержание  $\text{ZnO}$  в образце.
39. Навеску 2,6835г соды растворили в мерной колбе емкостью 250,0мл. На титрование 25,00мл этого раствора израсходовано 20,55мл соляной кислоты с титром по  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  0,005300г/мл. Вычислите процентное содержание  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  в образце.
40. Навеску 0,5000г карбоната кальция растворили в 25,00мл 0,5100н раствора соляной кислоты. Избыток кислоты был оттитрован 6,5мл 0,4900н раствора NaOH. Вычислите процентное содержание  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  в образце.
41. Перечислите основные редоксметоды. С чем связано название каждого метода? Как рассчитать молярную массу эквивалента окислителей и восстановителей? Приведите примеры?
42. Опишите устройство нормального водородного электрода. Стандартные потенциалы. Уравнение Нернста.
43. Как зависит величина редокспотенциала от соотношения концентрации окисленной и восстановленной форм и концентрации иона водорода?
44. От каких факторов зависит величина редокспотенциала? Какие необходимо создать условия, чтобы увеличить редокспотенциал системы  $\text{Cu}^{2+} + e = \text{Cu}^+$  ?
45. От каких факторов зависит величина редокспотенциала? Как изменится величина потенциала системы при  $\text{Fe}^{3+} + e = \text{Fe}^{2+}$  добавлении в раствор ионов фтора?
46. От каких факторов зависит скорость редоксреакции? Напишите уравнение Нернста?
47. Что такое стандартные потенциалы, как они определяются и что характеризуют?
48. При каких условиях проводят определение стандартных потенциалов? Как изменится величина редокспотенциала системы  $\text{MnO}_4^{2-} + 8\text{H}^+ + 5e = \text{Mn}^{2+} + 4\text{H}_2\text{O}$ , если в ее раствор добавили  $\text{MnSO}_4$ ?
49. Как влияет введение в раствор ионов  $\text{PO}_4^{3-}$  и  $\text{F}^-$  на величину редокспотенциала системы  $\text{Fe}^{3+} + e = \text{Fe}^{2+}$ ?
50. Укажите безиндикаторные и индикаторные методы фиксирования точки эквивалентности в редоксометрии. Напишите уравнение реакций?
51. В чем заключается сущность перманганатометрии? Почему перманганатометрические определения проводят преимущественно в кислой среде? Рассчитайте величину молярной массы эквивалента  $\text{KMnO}_4$  в кислой, нейтральной и щелочной среде.



52. Какие вещества определяют перманганатометрическим методом? Приведите примеры и напишите уравнения химических реакций в молекулярной и ионно-электронной формах.
53. Напишите уравнения реакций взаимодействия тиосульфата натрия с иодом в молекулярной и ионно-электронной формах. Определите величину молярной массы эквивалента тиосульфата натрия  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ .
54. Напишите уравнения реакций, протекающих при нормальности тиосульфата натрия по дихромату калия. Для чего иодид калия при этом берется в избытке? Какое значение имеет рН среды? Рассчитайте величину молярной массы эквивалента  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  в его реакции с иодом.
55. Какое действие оказывают ионы  $\text{Mn}^{2+}$  на скорость реакции окисления оксалата перманганатом -  $\text{KMnO}_4$ ?
56. Как перманганатометрически определяют восстановители? Определение Fe (II). Напишите уравнения химических реакций в вещественной и ионно-электронной формах. Рассчитайте величину молярной массы эквивалентов перманганата калия и железа.
57. Опишите методы определения железа в солянокислой среде. Укажите причины осложнений, возникающих при перманганатометрическом определении. Какую роль играет защитная смесь? Напишите уравнения реакций в вещественной и ионно-электронной формах.
58. Напишите уравнения реакций взаимодействия тиосульфата натрия с иодом в вещественной и ионно-электронной формах. Определите величину молярной массы эквивалента тиосульфата натрия.
59. Как иодометрически определяют восстановители? Опишите на примере определения сульфата натрия  $\text{Na}_2\text{SO}_3$ . Уравнение реакций приведите в вещественной и ионно-электронной формах.
60. Как иодометрически определяют содержание  $\text{Cu}^{2+}$ ? Напишите уравнения химических реакций в молекулярной и ионно-электронной формах. Как оказывается на величине редокспотенциала пары  $\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}$  выпадение осадка  $\text{CuI}$ ?
61. Сколько процентов сульфата железа (II) содержит образец технического железного купороса, если навеска его 7,1500г растворена в мерной колбе емкостью 250мл и на титрование 25мл этого раствора расходуется 24,48мл 0,0986н раствора  $\text{KMnO}_4$ ?
62. Навеску 0,4000г природного пиролюзита обработали разбавленной серной кислотой, содержащей 0,6000г  $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ . На титрование избытка щавелевой кислоты израсходовали 26,25мл 0,1000н раствора  $\text{KMnO}_4$ . Вычислите процентное содержание  $\text{MnO}_2$  пиролюзите.
63. Сколько г. кальция содержится в 250,0мл раствора  $\text{CaCl}_2$ , если прибавили к 25,00мл его 40,00мл 0,1000н раствора оксалата аммония и отделения образовавшегося осадка  $\text{CaC}_2\text{O}_4$ , на титрование избытка  $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$  израсходовано 15,00мл 0,02000н раствора  $\text{KMnO}_4$ ?
64. На титрование 0,1136г х.ч.  $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$  в кислой среде израсходовано 20,75мл  $\text{KMnO}_4$ . Определите нормальность раствора  $\text{KMnO}_4$  и его титр по железу?

65. В мерной колбе емкостью 250мл растворена навеска 1,4425г технического нитрита натрия. На титрование 20мл этого раствора израсходовано 25,0мл раствора  $\text{KMnO}_4$  с титром 0,0011520г/мл. Определите процентное содержание  $\text{NaNO}_2$  в образце?
66. К образцу пиролюзита массой 0,3217г растворенного в серной кислоте, было прибавлено 0,4130г кристаллической х.ч. щавелевой кислоты. На титрование избытка щавелевой кислоты израсходовано 15,00мл 0,1000н раствора  $\text{KMnO}_4$ . Определите процентное содержание  $\text{MnO}_2$  в образце пиролюзита.
67. К раствору  $\text{KClO}_3$  прибавили 50,00мл 0,1048н раствора  $\text{FeSO}_4$ , избыток которого оттитрован 20,00мл 0,09450н раствора  $\text{KMnO}_4$ . Сколько грамм  $\text{KClO}_3$  в образце.
68. К раствору, содержащему 0,1510г технического  $\text{KClO}_3$ , прилили 100,0мл 0,09852н раствора  $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ , избыток которого оттитрован 48,60мл 0,05320н раствора  $\text{KMnO}_4$ . Вычислите процентное содержание  $\text{KClO}_3$  в образце.
69. Навеска 0,7840г сульфата натрия растворена в мерной колбе емкостью 250мл, к этому раствору прибавлено 50,00мл 0,05000н раствора тиосульфата натрия. Вычислите процентное содержание  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  в образце.
70. На титрование йода, выделившегося при обработке навески иодидом калия, израсходовано 25,00мл раствора тиосульфата натрия с титром 0,02448г/мл. Сколько г. содержит  $\text{PbO}_2$  образец.
71. Определите процентное содержание олова в сплаве, если на титрование раствора, полученного из 0,9122г сплава, израсходовано 15,73мл 0,0200н раствора йода?
72. Из 1,4500г технического  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  приготовили 200мл раствора. На титрование 20,00мл его израсходовано 16620мл 0,0124н раствора йода. Определите процентное содержание  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  в образце.
73. Из 0,5100г руды медь после ряда операций была переведена в раствор в виде соли меди (II). При добавлении к этому раствору избытка иодида калия выделился йод, на титрование которого пошло 14,10мл тиосульфата натрия  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  с титром по меди 0,006500г/мл. Сколько процентов меди содержит руда?
74. К раствору иодида калия в кислой среде прибавили 20,90мл 0,113н раствора  $\text{KMnO}_4$ . Выделившийся йод оттитровали 25,90мл тиосульфата натрия. Определите нормальность раствора тиосульфата натрия и титр йоду.
75. К 25,00мл хлорной воды прибавили избыток иодида калия. На титрование выделившегося йода израсходовано 20,10мл 0,1100н раствора тиосульфата натрия. Сколько г. хлора содержит 1л хлорной воды?
76. Навеска 1000г руды, содержащей  $\text{MnO}_2$ , была обработана избытком концентрированной соляной кислоты. Образовавшийся при реакции хлор был отогнан и поглощен раствором иодида калия. На титрование выделившегося при этом йода пошло 42,50мл 0,05200н раствора тиосульфата натрия. Сколько  $\text{MnO}_2$  содержит руда?
77. К 25,00мл раствора дихромата калия прибавлен избыток иодида калия и серная кислота: на титрование выделившегося йода израсходовано 30,00мл

- 0,1000н раствора тиосульфата натрия. Сколько г.  $K_2Cr_2O_7$  содержит 1л раствора?
78. На титрование йода, выделившегося при обработке навески  $PbO_2$  иодидом калия в кислотной среде. Израсходовано 20,00мл раствора тиосульфата натрия с титром 0,2501г/мл. Сколько г.  $PbO_2$  содержится в навеске?
  79. В мерной колбе емкостью 250мл растворили 0,7112г х.ч. оксалата аммония  $(NH_4)_2C_2O_4 \cdot 2H_2O$ . Какой объем перманганата калия, титр которого 0.001420г/мл, пойдет на титрование 25,00мл полученного раствора оксалата аммония (среда кислая).
  80. Сколько процентов железа содержится в железной проволоке, если после растворения 0,1400г ее в серной кислоте на титрование полученного раствора израсходовано 24,00мл 0,100н раствора  $KMnO_4$ ?
  81. Какую среду раствора и почему создают при комплексометрических определениях ионов  $Ca^{2+}$  и  $Mg^{2+}$ ? Приведите уравнения химических реакций; как обеспечивает нужные рН раствора?
  82. Какие требования предъявляются к реакциям осаждения, используемым в титрометрическом анализе? Какие методы осаждения вам известны?
  83. На какой реакции осаждения основано определение хлорида по методу Мора? Укажите рН среды, титрат и индикатор, приведите уравнения химических реакций?
  84. На какой реакции комплексометрического метода основано определение жесткости воды? В каких единицах она выражается? Напишите уравнения реакции комплексона III с ионами  $Ca^{2+}$ .
  85. В чем сущность роданиметрического определения содержания хлора? Укажите титрат, индикатор и рН среды. Напишите уравнения реакций. Каковы преимущества этого метода по сравнению с методом Мора?
  86. На чем основаны способы фиксирования точки эквивалентности при комплексометрическом титровании с применением металл-индикаторов?
  87. Укажите способы фиксирования точки эквивалентности в аргентометрических методах осаждения?
  88. Что такое комплексоны? Какие функциональные группы молекул комплексонов определяют их кислотные и способность образовывать комплексы?
  89. На чем основано применение адсорбционных индикаторов в методе осаждения?
  90. Какие виды жесткости вы знаете? Что такое общая жесткость воды? Какие методы используют для определения жесткости воды? Напишите уравнения реакции?

**Итоговый контроль**  
**Вариант 1**

1. Если определяемый компонент является летучим веществом, то применяют  
а) метод осаждения анализа                      в) метод отгонки гравиметрического  
б) метод выделения                                      г) метод перемещения
2. При титровании слабой кислоты сильным основанием точка эквивалентности реакции лежит в области:  
а)  $\text{pH} > 7$                       б)  $\text{pH} = 7$                       в)  $\text{pH} < 7$                       г) не знаю
3. Установочным раствором в алкалиметрии является раствор  
а) KOH;                      б)  $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ;                      в) HCl;                      г) Ba SO<sub>4</sub>
4. В титриметрическом анализе количество вещества в растворе определяется по формуле  
а)  $Q = N_p \cdot V_p \cdot V_k \cdot V_n \cdot 0,001$                       в)  $Q = (N_p \cdot V_p \cdot \varepsilon_{\text{опр}} \cdot V_k) / 1000 V_n$   
б)  $Q = N_p \cdot V_p \cdot \varepsilon_{\text{исл}} \cdot 0,001 \cdot \frac{V_k}{V_n}$                       г).  $Q = N \cdot \varepsilon$
5. Определяемый компонент осаждается в составе малорастворимого соединения следовательного применений метод гравиметрического анализа называется  
а) методом выделения                                      б) методом отгонки  
в) методом осаждения                                      г) не знаю
6. Какое вещество применяются для осаждения бария?  
а) Na<sub>2</sub> C<sub>2</sub> O<sub>4</sub>;                      б) HCl;                      в) H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>;                      г) NaNO<sub>3</sub>
7. Какое соединение следует использовать для осаждения кальция?  
а) K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>; б) H<sub>2</sub>C<sub>2</sub>O<sub>4</sub>;                      в) (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>;                      г) не знаю
8. Какой индикатор применяется в методе алкалиметрии?  
а) фенолфталеин;                      б) метилоранж;                      в) крахмал;                      г) дифениламин
9. Какие вещества используются для установления титра перманганата калия?  
а) H<sub>2</sub>C<sub>2</sub>O<sub>4</sub>;                      б) Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>;                      в) K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>;                      г) Cu(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>
10. На 20 мл 0,2135н раствора HCl при титровании идет 15,35 мл раствора NaOH. Определить нормальность раствора NaOH. По какой формуле  
а) 0,460                      б). 0,5540                      в). 0,2782                      г). 0,4460

## Вариант 2

1. Чему равен грамм-эквивалент перманганата калия в щелочном среде.  
 а) 49      б) 158      в) 50      г) 140      д) 150

2. По какой формуле определяем титр стандартного раствора?

а)  $T = \frac{a}{V_k}$  ;      б)  $T = \frac{\text{Э} \cdot 1000}{V_k}$  ;      в)  $T = \frac{V_k \cdot 1000}{\text{Э}}$  ;      г)  $T = \frac{V_k \cdot \text{Э}}{1000}$

3. Какие нижеследующие вещества применяется в качестве рабочего раствора в методе иодометрии?

а)  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ;      б) KOH;      в)  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ;      г) NaCl

4. В методе ацидиметрии в качестве установочного раствора применяются соединения:

а)  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$ ;      б)  $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ;      в)  $\text{K}_2\text{CO}_3$  ;      г)  $\text{Mg SO}_4$

5. Какая формула применяется для определения нормальности HCL, если на титрование 0,1946 г химически чистого  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  идет 20,45 мл этого раствора

а)  $x = \frac{a \cdot 1000}{\text{Э}_{\text{Na}_2\text{CO}_3} \cdot V}$       б)  $x = \frac{a \cdot V}{1000}$  ;      в)  $x = \frac{a}{1000}$       г)  $x = \frac{a \cdot \text{Э}}{V}$

6. Для определения титра раствора, содержащего 5,6 г KOH в 250 мл воды применяют формулу:

а)  $T = \frac{a}{V}$       б)  $T = \frac{V \cdot N}{a}$       в)  $T = \frac{V \cdot \text{Э}}{a}$       г)  $T = \frac{N \cdot \text{Э}}{1000}$

7. Какое вещество применяется в качестве установочного раствора в методе алкалиметрии?

а)  $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$       б)  $\text{K}_2\text{CO}_3$       в)  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$       г)  $\text{Na}_2\text{SO}_4$

8. Какое вещество применяется в качестве индикатора в методе алкалиметрии?

а) крахмал;      б) эриохром черный;      в) метилоранж;      г) фенолфталеин;  
 д) дифениламин

9. Навеску в 0,2133 г руды растворили в соляной кислоте содержащееся в пробе железо восстановили  $\text{Fe}^{2+}$  и затем оттитровали 0,1117 н раствором  $\text{KMnO}_4$  которого потребовалось 17,00 мл. По какой формуле рассчитывают:

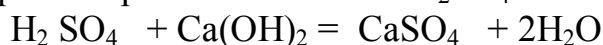
$$\begin{array}{llll}
 \text{а) \%} = \frac{T \cdot \text{Э}}{a} & \text{б) \%} = \frac{N_p \cdot V_p \cdot \text{Э}_{\text{опр}}}{a \cdot 10} & \text{в) \%} = \frac{V \cdot \text{Э}}{a} & \text{г) \%} = \frac{N_p \cdot V_p}{\text{Э} \cdot a}
 \end{array}$$

10. В какой среде проводится иодометрический метод?

- а) нейтральной    б) кислой    в) щелочной

### Вариант 3

1. Чему равен грамм-эквивалент  $\text{H}_2\text{SO}_4$  в следующих реакции:



- а) 49    б) 39    в) 50    г) 59    д) 85

2. Какая формула применяется для расчета титра раствора содержащего в 500мл 2.500г  $\text{Na}_2\text{CO}_3$

$$\begin{array}{llll}
 \text{а) } T = \frac{N - V}{V} & \text{б) } T = \frac{N \cdot \text{Э}}{1000} & \text{в) } T = \frac{V \cdot \text{Э}}{V} & \text{г) } T = \frac{a}{V}
 \end{array}$$

а) 0,065    б) 0,070    в) 0,080    г) 0,005

3. Чему равен грамм- эквивалент  $\text{K MnO}_4$  при проведении реакции в щелочной среде ?

- а) 158,04    б) 140    в) 40    г) 60    д) 90

4. Навеску в 0,1123 г руды растворили в соляной кислоте содержащееся в пробе Железо восстановили до  $\text{Fe}^{2+}$  и затем оттитровали 0,1119 Н. Раствором  $\text{KMnO}_4$  которого потребовалось 17,20мл. По какой формуле вычисляется?

$$\begin{array}{llll}
 \text{а) \%Fe} = \frac{T \cdot \text{Э}}{a} & \text{б) \%Fe} = \frac{N_p \cdot V_p \cdot \text{Э}_{\text{опр}}}{a \cdot 10} & \text{в) \%Fe} = \frac{V \cdot \text{Э}}{a} & \text{г) \%Fe} = \frac{N_p \cdot V_p}{\text{Э} \cdot a}
 \end{array}$$

5. Какое вещество применяют в качестве установочного раствора в методе иодометрии?

- а)  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$     б)  $\text{NaOH}$     в)  $\text{CaCO}_3$     г)  $\text{BaSO}_4$

6. Если определяемый компонент является летучим веществом, то применяют

- а) метод осаждения;    б) метод выделения;    в) метод отгонки гравиметрического анализа  
 д) метод перемещения

7. При титровании слабой кислоты сильным основанием точка эквивалентности реакции лежит в области:

- а)  $\text{pH} > 7$                       б)  $\text{pH} = 7$                       в)  $\text{pH} < 7$                       г) не знаю

8. Установочным раствором в алкалиметрии является раствор

- а)  $\text{KOH}$                       б)  $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$                       в)  $\text{HCl}$                       г)  $\text{BaSO}_4$

9. В титриметрическом анализе количество вещества в растворе определяется по формуле

- а)  $Q = N_p \cdot V_p \cdot V_k \cdot V_n \cdot 0,001$                       г)  $Q = N \cdot \text{Э}$   
б)  $Q = (N_p \cdot V_p \cdot V_k / V) \cdot 0,001$                       в)  $Q = (N_p \cdot V_p \cdot \text{Э}_{\text{опр}} \cdot V_k / 1000 V_n$

10. Определяемый компонент осаждается в составе малорастворимого соединения, следовательно применяемый метод гравиметрического анализа называется

- а) методом выделения                      б) методом отгонки  
в) методом осаждения                      г) не знаю

#### Вариант 4

1. Для определения титра раствора содержащего 5,6 г  $\text{KOH}$  в 250 мл воды применяют формулу:

- а)  $T = \frac{a}{V}$                       б)  $T = \frac{V \cdot N}{a}$                       в)  $T = \frac{V \cdot \text{Э}}{a}$                       г)  $T = \frac{\text{Э}}{a}$                       д)  $T = \frac{N \cdot \text{Э}}{1000}$

2. Какое вещество применяется в качестве установочного раствора в методе алкалиметрии?

- а)  $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$                       б)  $\text{K}_2\text{CO}_3$                       в)  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$                       г)  $\text{Na}_2\text{SO}_4$

3. Какое вещество применяется в качестве индикатора в методе алкалиметрии?

- а) крахмал                      б) эриохром черный                      в) метилоранж                      г) фенолфталеин

4. При определении  $\text{Fe}$  гравиметрическим методом весовой формой является

- а)  $\text{Fe}(\text{OH})_3$                       б)  $\text{Fe}_2\text{O}_3$                       в)  $\text{FeSO}_4$                       г)  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$

5. Какое вещество применяется для осаждения бария?

- а)  $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$                       б)  $\text{HCl}$                       в)  $\text{H}_2\text{SO}_4$                       г)  $\text{NaNO}_3$

6. Навеску в 0,2133 г руды растворили в соляной кислоте содержащееся в пробе железо восстановили  $\text{Fe}^{2+}$  и затем оттитровали 0,1117 н раствором  $\text{KMnO}_4$  которого потребовалось 17,00 мл. По какой формуле рассчитывают:

$$\text{а) \%} = \frac{T \cdot \text{Э}}{a} \quad \text{б) \%} = \frac{N_p \cdot V_p \cdot \text{Э}_{\text{опр}}}{a \cdot 10} \quad \text{в) \%} = \frac{V \cdot \text{Э}}{a} \quad \text{г) \%} = \frac{N_p \cdot V_p}{\text{Э} \cdot a} \quad \text{д) \%} = \frac{V}{a}$$

7. В какой среде проводится иодометрический метод?

- а) нейтральной      б) кислой      в) щелочной      г) не знаю

8. Из нижеследующих веществ определить весовую форму бария?

- а)  $\text{BaSO}_4$       б)  $\text{BaO}$       в)  $\text{BaCl}_2$       г)  $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$

9. Какое соединение следует использовать для осаждения кальция?

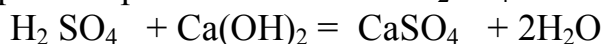
- а)  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$       б)  $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$       в)  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$       д)  $\text{BaSO}_4$

10. Какой индикатор применяется в методе алкалиметрии?

- а) фенолфталеин      б) метилоранж      в) крахмал      г) дифениламин

### Вариант 5

1. Чему равен грамм-эквивалент  $\text{H}_2\text{SO}_4$  в следующих реакции:



- а) 49      б) 39      в) 50      г) 98

2. Какая формула применяется для расчета титра раствора содержащего 500мл 2.500г  $\text{Na}_2\text{CO}_3$

$$\text{а) } T = \frac{N - V}{V} \quad \text{б) } T = \frac{N \cdot \text{Э}}{1000} \quad \text{в) } T = \frac{V \cdot \text{Э}}{V} \quad \text{г) } T = \frac{a}{V}$$

а) 0,065      б) 0,070      в) 0,080      г) 0,005

3. Чему равен грамм- эквивалент  $\text{KMnO}_4$  при проведении реакции в щелочной среде ?

- а) 158,04      б) 140      в) 40      г) 60

4. Какие вещества используются для установления титра перманганата калия?

- а)  $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$       б)  $\text{Na}_2\text{SO}_4$       в)  $\text{K}_2\text{CO}_3$       г)  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$



5. В методе ацидиметрии в качестве установочного раствора применяется соединения:

- а)  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$       б)  $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$       в)  $\text{K}_2\text{CO}_3$       г)  $\text{MgSO}_4$

6. Навеску в 0,2133г руды растворили в соляной кислоте содержащееся в пробе железо восстановили до  $\text{Fe}^{2+}$  и затем оттитровали 0,1117 Н. Раствором  $\text{KMnO}_4$  которого потребовалось 17,20мл. По какой формуле вычисляется?

- а)  $\% \text{Fe} = \frac{T \cdot \text{Э}}{a}$       б)  $\% \text{Fe} = \frac{N_p \cdot V_p \cdot \text{Э}_{\text{опр}}}{a \cdot 10}$       в)  $\% \text{Fe} = \frac{V \cdot \text{Э}}{a}$       г)  $\% \text{Fe} = \frac{N_p \cdot V_p}{\text{Э} \cdot a}$

7. Какой индикатор применяется в методе хроматометрии?

- а) дифениламин      б) мурексид      в) метиловый красный      г) фенолфталеин

8. Какой из нижеследующих формул соответствует весовой форме железа?

- а)  $\text{FeCl}_3$       б)  $\text{Fe}(\text{OH})_3$       в)  $\text{Fe}_2\text{O}_3$       г)  $\text{FeSO}_4$

9. Чему равен грамм-эквивалент перманганата калия при проведении реакции в кислой среде?

- а) 31,06      б) 140      в) 250      г) 158

10. По какой формуле определяем титр стандартного раствора?

- а)  $T = \frac{T \cdot 1000}{\text{Э}_y}$       б)  $T = \frac{\text{Э}100}{V_k \cdot \text{Э}}$       в)  $T = \frac{a}{V_k}$       г)  $T = \frac{a}{1000}$

### Вариант 6

1. Если определяемый компонент является летучим веществом, то применяют

- а) метод осаждения      в) метод отгонки гравиметрического анализа  
б) метод выделения      г) метод перемещения

2. При титровании слабой кислоты сильным основанием точка эквивалентности реакции лежит в области:

- а)  $\text{pH} > 7$       б)  $\text{pH} = 7$       в)  $\text{pH} < 7$       г) не знаю

3. Установочным раствором в алкалиметрии является раствор

- а)  $\text{KOH}$ ;      б)  $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ;      в)  $\text{HCl}$ ;      г)  $\text{BaSO}_4$

4. В титриметрическом анализе количество вещества в растворе определяется по формуле

а)  $Q = N_p \cdot V_p \cdot V_k \cdot V_n \cdot 0,001$

в)  $Q = (N_p \cdot V_p \cdot \mathcal{E}_{\text{опр}} \cdot V_k / 1000) \cdot V_n$

б)  $Q = N_p \cdot V_p \cdot \mathcal{E}_{\text{исл}} \cdot 0,001 \cdot \frac{V_k}{V_n}$

г)  $Q = N \cdot \mathcal{E}$

5. Определяемый компонент осаждается в составе малорастворимого соединения, следовательно применяемый метод гравиметрического анализа называется

а) методом выделения

б) методом отгонки

в) методом осаждения

г) не знаю

6. Какое вещество применяются для осаждения бария?

а)  $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ ;

б)  $\text{HCl}$ ;

в)  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ;

г)  $\text{NaNO}_3$

7. Какое соединение следует использовать для осаждения кальция?

а)  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ;

б)  $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ ;

в)  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ ;

г) не знаю

8. Какой индикатор применяется в методе алкаиметрии?

а) фенолфталеин;

б) метилоранж;

в) крахмал;

г) дифениламин

9. Какие вещества используются для установления титра перманганата калия?

а)  $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ ;

б)  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ;

в)  $\text{K}_2\text{CO}_3$ ;

г)  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$

10. На 20 мл 0,2135N раствора  $\text{HCl}$  при титровании идет 15,35 мл раствора  $\text{NaOH}$ . Определить нормальность раствора  $\text{NaOH}$ . По какой формуле

а) 0,460

б) 0,5540

в) 0,2782

г) 0,4460

### Вариант 7

1. Чему равен грамм-эквивалент перманганата калия в щелочном среде.

а) 49

б) 158

в) 50

г) 140

д) 150

2. По какой формуле определяем титр стандартного раствора?

а)  $T = \frac{a}{V_k}$  ; б)  $T = \frac{\mathcal{E} \cdot 1000}{V_k}$  ; в)  $T = \frac{V_k \cdot 1000}{\mathcal{E}}$  ; г)  $T = \frac{V_k \cdot \mathcal{E}}{1000}$

3. Какие нижеследующие вещества применяется в качестве рабочего раствора в методе иодометрии?

а)  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ;

б)  $\text{KOH}$ ;

в)  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ;

г)  $\text{NaCl}$

4. В методе ацидиметрии в качестве установочного раствора применяются соединение:

а)  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$ ;

б)  $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ;

в)  $\text{K}_2\text{CO}_3$ ;

г)  $\text{MgSO}_4$

5. Какая формула применяется для определения нормальности HCL, если на титрование 0,1946 г химически чистого Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> идет 20,45 мл этого раствора

а)  $x = \frac{a \cdot 1000}{\text{Э}_{\text{Na}_2\text{CO}_3} \cdot V}$       в)  $x = \frac{a \cdot V}{1000}$  ;      б)  $x = \frac{a}{1000}$       г)  $x = \frac{a \cdot \text{Э}}{V}$

6. Для определения титра раствора, содержащего 5,6 г KOH в 250 мл воды применяют формулу:

а)  $T = \frac{a}{V}$       б)  $T = \frac{V \cdot N}{a}$       в)  $T = \frac{V \cdot \text{Э}}{a}$       г)  $T = \frac{N \cdot \text{Э}}{1000}$

7. Какое вещество применяется в качестве установочного раствора в методе алкалиметрии?



8. Какое вещество применяется в качестве индикатора в методе алкалиметрии?

- а) крахмал;      б) эриохром черный;      в) метилоранж;      г) фенолфталеин;  
д) дифениламин

9. Навеску в 0,2133 г руды растворили в соляной кислоте содержащейся в пробе железо восстановили Fe<sup>2+</sup> и затем оттитровали 0,1117 н раствором KMnO<sub>4</sub> которого потребовалось 17,00 мл. По какой формуле рассчитывают:

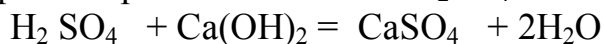
а)  $\% = \frac{T \cdot \text{Э}}{a}$       б)  $\% = \frac{N_p \cdot V_p \cdot \text{Э}_{\text{опр}}}{a \cdot 10}$       в)  $\% = \frac{V \cdot \text{Э}}{a}$       г)  $\% = \frac{N_p \cdot V_p}{\text{Э} \cdot a}$

10. В какой среде проводится иодометрический метод?

- а) нейтральной      б) кислой      в) щелочной

### Вариант 8

1. Чему равен грамм-эквивалент H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> в следующих реакции:



- а) 49      б) 39      в) 50      г) 59      д) 85

2. Какая формула применяется для расчета титра раствора содержащего 500мл 2.500г Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>

а)  $T = \frac{N - V}{V}$       б)  $T = \frac{N \cdot \text{Э}}{1000}$       в)  $T = \frac{V \cdot \text{Э}}{V}$       г)  $T = \frac{a}{V}$

а) 0,065      б) 0,070      в) 0,080      г) 0,005

3. Чему равен грамм- эквивалент  $K MnO_4$  при проведении реакции в щелочной среде ?

- а) 158,04 б) 140 в) 40 г) 60 д) 90

4. Навеску в 0,1123 г руды растворили в соляной кислоте содержащееся в пробе Железо восстановили до  $Fe^{2+}$  и затем оттитровали 0,1119 Н. Раствором  $KMnO_4$  которого потребовалось 17,20мл. По какой формуле вычисляется?

- а)  $\%Fe = \frac{T \cdot \Xi}{a}$  б)  $\%Fe = \frac{N_p \cdot V_p \cdot \Xi_{опр}}{a \cdot 10}$  в)  $\%Fe = \frac{V \cdot \Xi}{a}$  г)  $\%Fe = \frac{N_p \cdot V_p}{\Xi \cdot a}$

5. Какое вещество применяют в качестве установочного раствора в методе иодометрии?

- а)  $K_2Cr_2O_7$  б)  $NaOH$  в)  $CaCO_3$  г)  $BaSO_4$

6. Если определяемый компонент является летучим веществом, то применяют

- а) метод осаждения; б) метод выделения; в) метод отгонки гравиметрического анализа  
д) метод перемещения

7. При титровании слабой кислоты сильным основанием точка эквивалентности реакции лежит в области:

- а)  $pH > 7$  б)  $pH = 7$  в)  $pH < 7$  г) не знаю

8. Установочным раствором в алкалиметрии является раствор

- а)  $KOH$  б)  $H_2C_2O_4 \cdot 2H_2O$  в)  $HCl$  г)  $BaSO_4$

9. В титриметрическом анализе количество вещества в растворе определяется по формуле

- а)  $Q = N_p \cdot V_p \cdot V_k \cdot V_n \cdot 0,001$  г)  $Q = N \cdot \Xi$   
б)  $Q = (N_p \cdot V_p \cdot V_k / V) \cdot 0,001$  в)  $Q = (N_p \cdot V_p \cdot \Xi_{опр} \cdot V_k / 1000 V_n)$

10. Определяемый компонент осаждается в составе малорастворимого соединения следовательно применений метод гравиметрического анализа называется

- а) методом выделения б) методом отгонки  
в) методом осаждения г) не знаю

### Вариант 9

1. Для определения титра раствора содержащего 5,6 г  $KOH$  в 250 мл воды применяют формулу:

- а)  $T = \frac{a}{V}$  б)  $T = \frac{V \cdot N}{a}$  в)  $T = \frac{V \cdot \Xi}{a}$  г)  $T = \frac{\Xi}{a}$  д)  $T = \frac{N \cdot \Xi}{1000}$

2. Какое вещество применяется в качестве установочного раствора в методе алкалиметрии?

- а)  $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$       б)  $\text{K}_2\text{CO}_3$       в)  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$       г)  $\text{Na}_2\text{SO}_4$

3. Какое вещество применяется в качестве индикатора в методе алкалиметрии?

- а) крахмал      б) эриохром черный      в) метилоранж      г) фенолфталеин

4. При определении Fe гравиметрическим методом весовой формой является

- а)  $\text{Fe}(\text{OH})_3$       б)  $\text{Fe}_2\text{O}_3$       в)  $\text{FeSO}_4$       г)  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$

5. Какое вещество применяется для осаждения бария?

- а)  $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$       б)  $\text{HCl}$       в)  $\text{H}_2\text{SO}_4$       г)  $\text{NaNO}_3$

6. Навеску в 0,2133 г руды растворили в соляной кислоте содержащееся в пробе железо восстановили  $\text{Fe}^{2+}$  и затем оттитровали 0,1117 н раствором  $\text{KMnO}_4$  которого потребовалось 17,00 мл. По какой формуле рассчитывают:

- а)  $\% = \frac{T \cdot \Xi}{a}$       б)  $\% = \frac{N_p V_p \Xi_{\text{опр}}}{a \cdot 10}$       в)  $\% = \frac{V \cdot \Xi}{a}$       г)  $\% = \frac{N_p \cdot V_p}{\Xi \cdot a}$       д)  $\% = \frac{V}{a}$

7. В какой среде проводится иодометрический метод?

- а) нейтральной      б) кислой      в) щелочной      г) не знаю

8. Из нижеследующих веществ определить весовую форму бария?

- а)  $\text{BaSO}_4$       б)  $\text{BaO}$       в)  $\text{BaCl}_2$       г)  $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$

9. Какое соединение следует использовать для осаждения кальция?

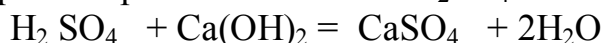
- а)  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$       б)  $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$       в)  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$       д)  $\text{BaSO}_4$

10. Какой индикатор применяется в методе алкалиметрии?

- а) фенолфталеин      б) метилоранж      в) крахмал      г) дифениламин

### Вариант 10

1. Чему равен грамм-эквивалент  $\text{H}_2\text{SO}_4$  в следующих реакции:



- а) 49      б) 39      в) 50      г) 98

2. Какая формула применяется для расчета титра раствора содержащего в 500мл 2.500г  $\text{Na}_2\text{CO}_3$

- а)  $T = \frac{N - V}{V}$       б)  $T = \frac{N \cdot \Xi}{1000}$       в)  $T = \frac{V \cdot \Xi}{V}$       г)  $T = \frac{a}{V}$

- а) 0,065      б) 0,070      в) 0,080      г) 0,005

3. Чему равен грамм- эквивалент  $\text{KMnO}_4$  при проведении реакции в щелочной среде?

- а) 158,04                      б) 140                      в) 40                      г) 60

4. Какие вещества используются для установления титра перманганата калия?

- а)  $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$                       б)  $\text{Na}_2\text{SO}_4$                       в)  $\text{K}_2\text{CO}_3$                       г)  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$

5. В методе ацидиметрии в качестве установочного раствора применяется соединения:

- а)  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$                       б)  $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$                       в)  $\text{K}_2\text{CO}_3$                       г)  $\text{MgSO}_4$

6. Навеску в 0,2133г руды растворили в соляной кислоте содержащееся в пробе железо восстановили до  $\text{Fe}^{2+}$  и затем оттитровали 0,1117 Н. Раствором  $\text{KMnO}_4$  которого потребовалось 17,20мл. По какой формуле вычисляет

- а)  $\% \text{Fe} = \frac{T \cdot \Xi}{a}$                       б)  $\% \text{Fe} = \frac{N_p \cdot V_p \cdot \Xi_{\text{опр}}}{a \cdot 10}$                       в)  $\% \text{Fe} = \frac{V \cdot \Xi}{a}$                       г)  $\% \text{Fe} = \frac{N_p \cdot V_p}{\Xi \cdot a}$

7. Какой индикатор применяется в методе хроматометрии?

- а) дифениламин                      б) мурексид                      в) метиловый красный                      г) фенолфталеин

8. Какой из нижеследующих формул соответствует весовой форме железа?

- а)  $\text{FeCl}_3$                       б)  $\text{Fe}(\text{OH})_3$                       в)  $\text{Fe}_2\text{O}_3$                       г)  $\text{FeSO}_4$

9. Чему равен грамм-эквивалент перманганата калия при проведении реакции в кислой среде?

- а) 31, 06                      б) 140                      в) 250                      г) 158

10. По какой формуле определяем титр стандартного раствора?

- а)  $T = \frac{T \cdot 1000}{\Xi_y}$                       в)  $T = \frac{\Xi \cdot 100}{V_k \cdot \Xi}$                       б)  $T = \frac{a}{V_k}$                       г)  $T = \frac{V_k}{1000}$

### Литература

1. Алексеев В.Н. Количественный анализ. Госкомиздат, 1973 г.
2. Крешков А.П. Основы аналитической химии. Химия, 1975 г.
3. Шапиро К.А., Шапиро М.А. Аналитическая химия.
4. Пономарев В.Д. Аналитическая химия.
5. Васильев В.П. Аналитическая химия

## Содержание

<b>Предисловие.....</b>	<b>3</b>
<b>Лекция 1. Значение аналитической химии. Весовой метод.....</b>	<b>4</b>
Ведение аналитической химии. Задачи и методы количественного анализа.....	4
Весовой метод (гравиметрический метод).....	5
Требования к осадкам.....	6
Механизм образования осадков.....	6
Загрязнение осадков.....	7
Выбор осадителя.....	8
<b>Лекция 2. Техника работы в гравиметрическом анализе.....</b>	<b>9</b>
Осаждение.....	9
Фильтрация и промывание осадка.....	10
Высушивание и прокаливание осадков.....	10
Отличие весового анализа от объемного анализа.....	11
<b>Лекция 3. Титриметрический (объемный) анализ.....</b>	<b>12</b>
Сущность титриметрического анализа.....	12
<b>Лекция 4. Метод кислотно-основного титрования.....</b>	<b>15</b>
Общая характеристика метода.....	15
Кривые титрования.....	17
Титрование сильной кислоты сильным основанием.....	18
Титрование слабой кислоты сильным основанием.....	19
Титрование слабого основания сильной кислотой.....	20
<b>Лекция 5. Индикаторы, применяемые в методе нейтрализации.....</b>	<b>20</b>
Общая характеристика. Индикаторы в методе нейтрализации.....	20
Характеристика наиболее применяемых индикаторов.....	22
Выбор индикатора.....	24
Интервал перехода индикатора.....	24
<b>Лекция 6. Методы окислительно-восстановительного титрования (редокс-метрия).....</b>	<b>26</b>
Сущность, методы окислительно-восстановительного титрования.....	26
Виды окислительно-восстановительного титрования.....	27
Окислительно-восстановительные индикаторы.....	28
<b>Лекция 7. Методы осаждения и комплексообразования.....</b>	<b>30</b>
Сущность метода осаждения.....	30
Типы индикаторов.....	31
Характерные реакции метода осаждения.....	32
Комплексообразования и связь между методами осаждения.....	34

<b>Лекция 8. Метод комплексообразования.....</b>	<b>35</b>
Основы метода.....	35
Понятие о комплексонах. Комплексонометрия.....	35
Теоретические основы комплексометрического титрования.....	36
Индикаторы.....	37
Классификация методов комплексометрического титрования.....	38
<b>Контрольные вопросы. Контрольная работа №1 Качественный анализ.....</b>	<b>40</b>
<b>Контрольная работа №2. Количественный анализ.....</b>	<b>45</b>
<b>Итоговый контроль.....</b>	<b>52</b>
<b>Литература.....</b>	<b>62</b>
<b>Содержание.....</b>	<b>64</b>