



# **УЧЕБНЫЕ ЗАДАНИЯ ПО АНАЛИТИЧЕСКОЙ ХИМИИ**

**для самостоятельной аудиторной и внеаудиторной работы  
студентов II курса фармацевтического факультета**





**ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО  
ОБРАЗОВАНИЯ «КУБАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
МЕДИЦИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ» МИНИСТЕРСТВА  
ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
(ГБОУ ВПО КубГМУ Минздрава России)**

---



**Кафедра фундаментальной и клинической химии**

# **УЧЕБНЫЕ ЗАДАНИЯ ПО АНАЛИТИЧЕСКОЙ ХИМИИ**

для самостоятельной аудиторной и внеаудиторной работы  
студентов II курса фармацевтического факультета

**Краснодар  
2014**

**Составители:**

доцент кафедры фундаментальной и клинической биохимии ГБОУ ВПО КубГМУ Минздрава России **Л.В. Ненашева**;

ассистент-аспирант кафедры фундаментальной и клинической биохимии ГБОУ ВПО КубГМУ Минздрава России **Т.Г. Юдина**.

**Под редакцией** профессора кафедры фундаментальной и клинической биохимии ГБОУ ВПО КубГМУ Минздрава России, д.п.н. **Литвиновой Т.Н.**

**Рецензенты:**

– профессор кафедры физической химии ФГБОУ ВПО «Кубанский государственный университет», д.х.н. **Шельдешов Н.В.**

– доцент кафедры общей, неорганической химии и ИВТ химии ФГБОУ ВПО «Кубанский государственный университет», к.х.н. **Стороженко Т.П.**

Учебные задания для самостоятельной аудиторной и внеаудиторной работы подготовлены в соответствии с рабочей программой по аналитической химии, составленной на основании ФГОС-3 ВПО по направлению подготовки 060301 Фармация, и предназначены для студентов 2 курса фармацевтического факультета ГБОУ ВПО КубГМУ Минздрава России. Вопросы, упражнения и задачи в учебных заданиях подобраны с учетом принципов фундаментализации, межпредметной интеграции, профессиональной направленности.

Учебные задания рекомендованы к изданию  
ЦМС ГБОУ ВПО КубГМУ Минздрава России

протокол № 7 от 15 марта 2014 г.

## **Предисловие**

Цель данного методического руководства – сформировать у студентов фармацевтического факультета представление о структуре курса аналитической химии (АХ), последовательности изучения модулей содержания курса АХ, межпредметной интеграции АХ и профессиональных дисциплин, необходимой для подготовки будущего провизора в современных условиях.

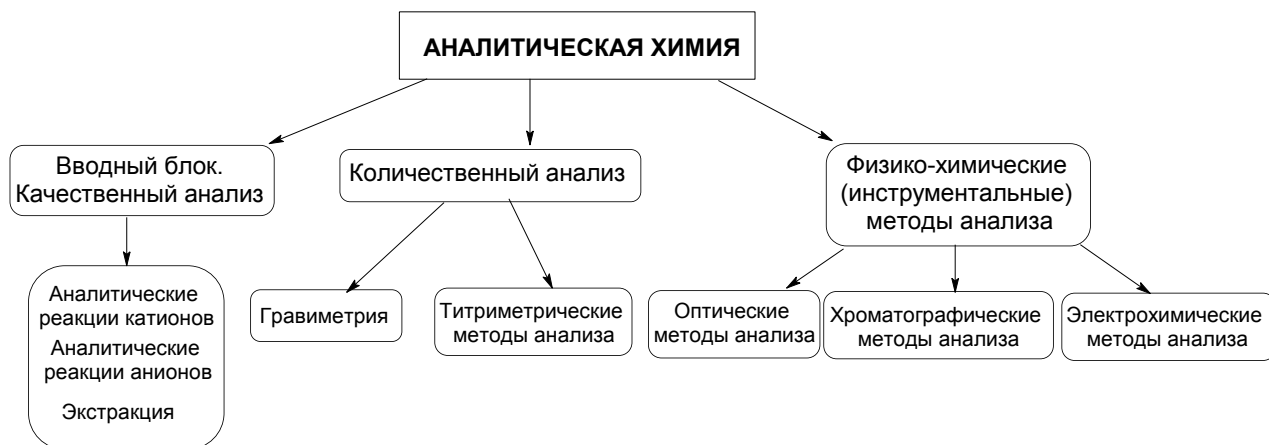
Учебные задания по курсу аналитической химии для студентов фармацевтического факультета медицинского вуза содержат задания по 7 модулям содержания. Каждый модуль включает в себя цели изучения, темы занятий раздела, опорные знания, перечень основной и дополнительной учебной литературы. К каждому занятию предложены учебно-целевые вопросы, упражнения и задачи для самостоятельной работы.

Учебные задания по курсу аналитической химии помогут студентам второго курса фармацевтического факультета эффективно готовиться к каждому занятию, развивать навыки самостоятельной работы.

## Введение

Аналитическая химия – наука о методах определения химического состава и химической структуры веществ.

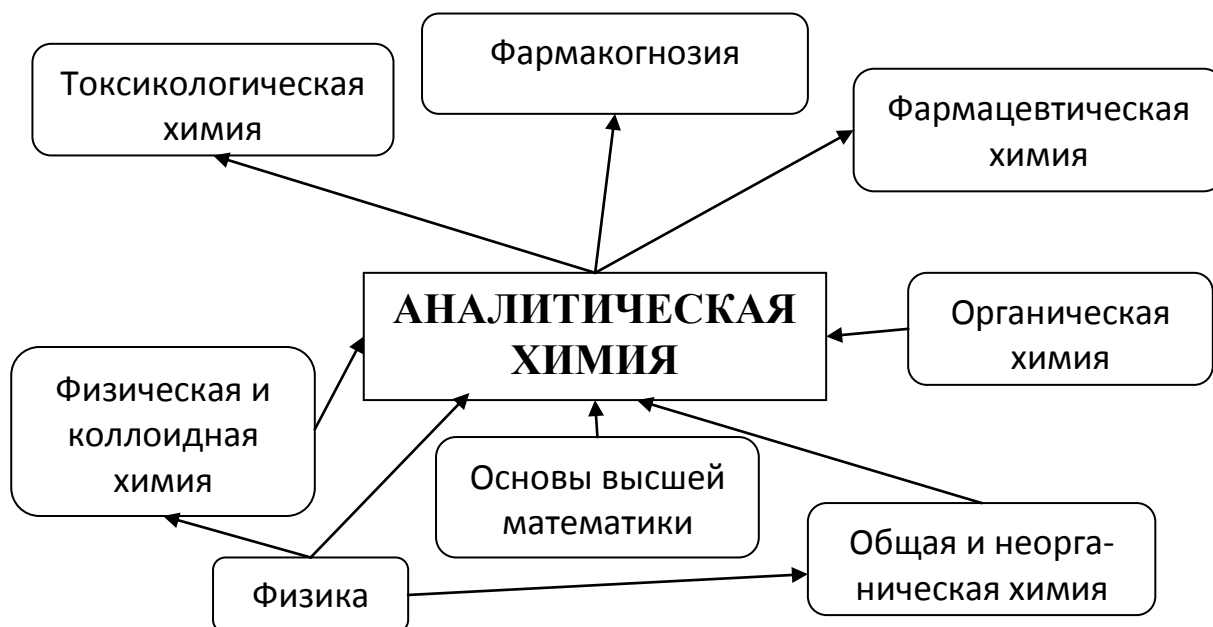
Современная аналитическая химия включает три раздела: качественный анализ, количественный анализ и инструментальные (физические и физико-химические) методы анализа.



Аналитическая химия:

- 1) дает основу для изучения **профильных** дисциплин: фармацевтическая химия, токсикологическая химия, фармакогнозия и др.
- 2) одна из **фундаментальных** химических дисциплин специальности «Фармация».

На основе методов аналитической химии осуществляется фармацевтический анализ – определение качества лекарств и лекарственных средств, изготавливаемых промышленностью и аптеками.



## Цели обучения студентов курсу аналитической химии

### 1. Формирование:

- **представлений** о целях и задачах аналитической химии, химического анализа, способах их решения; о роли и значении аналитической химии для становления специалиста в области фармации; об основных исторических этапах аналитической химии, современных направлениях дисциплины, о применении основных положений теории растворов, учения о химическом равновесии, химической кинетике, катализе, адсорбции в аналитической химии;

- системы теоретических знаний законов, закономерностей, аналитических свойств веществ, аналитических реакций и других форм взаимодействия между веществами в зависимости от их химического состава и условий протекания процесса;

- научного миропонимания, химической картины природы, химической грамотности как части общей культуры человека с фармацевтическим образованием;

- профессионального мышления для решения задач по анализу лекарственных веществ;

- **практических умений** постановки и выполнения учебно-исследовательской экспериментальной работы; отбирать среднюю пробу, составлять схему анализа, проводить качественный и количественный анализ вещества в пределах использования основных приемов и методов, предусмотренных программой; владеть техникой выполнения основных аналитических операций при качественном и количественном анализе вещества; готовить и стандартизировать растворы аналитических реагентов; работать с основными типами приборов, используемых в анализе (микроскопы, фотоэлектроколориметры, потенциометры и др.);

- исследовательских умений, навыков, обладающих свойством широкого переноса, умений работать с химическим, физическим оборудованием, компьютеризованными приборами для последующего включения их в состав компетенций выпускника фармацевтического факультета;

- расчетных умений для решения проблемных и ситуационных задач (профессиональных задач) по аналитической химии.

2. Изучение законов и методов аналитической химии, которые являются фундаментом для освоения других естественнонаучных, специальных и профессиональных дисциплин.

3. Воспитание и развитие личности студента, его способностей к самообучению, коммуникациям, инициативности, социальной активности, мотивированности к профессиональной деятельности, ценностного отношения к знаниям и умениям, приобретаемым в процессе изучения аналитической химии, как профессионально значимым.

## **Структура и содержание курса аналитической химии фармацевтического факультета**

**Модуль 1.** Общие теоретические основы аналитической химии

**Модуль 2.** Качественный анализ, применение в фармации

**Модуль 3.** Количественный анализ. Гравиметрия, применение в фармации

**Модуль 4.** Количественный анализ. Химические титриметрические методы анализа, применение в фармации;

**Модуль 5.** Физико-химические методы анализа. Оптические методы анализа, применение в фармации

**Модуль 6.** Физико-химические методы анализа. Хроматографические методы анализа, применение в фармации

**Модуль 7.** Физико-химические методы анализа. Электрохимические методы анализа, применение в фармации

### **Учебно-исследовательская работа студента (УИРС)**

1. Выполнение учебно-исследовательских экспериментальных работ.
2. Выполнение курсовой работы.
3. Подготовка мультимедийных презентаций.

### **Список Интернет-сайтов по химии**

1. Химия и жизнь—XXI век: научно-популярный журнал. <http://www.hij.ru>
2. Alhimik. <http://www.alhimik.ru>
3. Химия для всех. Электронный справочник за полный курс химии.  
<http://www.informika.ru/text/database/chemy/START.html>
4. Репетитор по химии. <http://www.chemistry.nm.ru>
5. [http://www. Webelement.narod. ru](http://www.Webelement.narod.ru)



**ПОЛОЖЕНИЕ**  
**о рейтинговом контроле знаний студентов**  
**кафедры фундаментальной и клинической биохимии**

Рейтинговый контроль знаний студентов является важнейшим элементом в системе обеспечения качества образовательного процесса на кафедре фундаментальной и клинической биохимии. Положение по рейтинговому контролю кафедры фундаментальной и клинической биохимии вводится согласно Положению о рейтинговой системе оценки успеваемости в КубГМУ от 24 января 2011 года. В положении о рейтинговом контроле отражается специфика формирования рейтинга студентов по дисциплине «Аналитическая химия» для студентов фармацевтического факультета.

Для оценки успеваемости студентов 2 курса фармацевтического факультета по дисциплине «Аналитическая химия» используется накопительная модель успеваемости студентов в семестре. Рейтинг по дисциплине складывается из баллов, набранных в результате текущего (посещения, текущая успеваемость), промежуточного (итоговые контрольные работы, защиты модулей) и рубежного (экзамен) видов контроля, а также из заработанных студентами бонусов.

Максимальное количество баллов, которое может получить студент по дисциплине «Аналитическая химия» в семестре – **100**

В качестве характеристики *текущей* работы студента в семестре используется **средний балл**. Результат работы студента на *каждом* практическом занятии оценивается по **самостоятельной** работе студента и **теоретическим** знаниям с помощью *устного опроса, тестового контроля* и *других видов опроса*, а также по степени освоения **практических** навыков и умений. В конце семестра высчитывается *средний балл* каждого студента, складывающийся из среднего балла по **теоретическим** знаниям (оцениваемым, в т.ч., и за самостоятельную работу) и **практическим** навыкам и умениям, который переводится в **100-балльную** шкалу (Ртек) (табл. 1).

Таблица 1

Перевод среднего балла в 100-балльную систему

средний балл по 5-балльной системе	балл по 100-балльной системе	средний балл по 5-балльной системе	балл по 100-балльной системе	средний балл по 5-балльной системе	балл по 100-балльной системе
5.0	90-100	4.00-4.09	70-71	2.90-2.99	40-49
4.90-4.99	88-89	3.90-3.99	68-69	2.80-2.89	31-39
4.80-4.89	86-87	3.80-3.89	66-67	2.70-2.79	23-30
4.70-4.79	84-85	3.70-3.79	64-65	2.60-2.69	16-22
4.60-4.69	82-83	3.60-3.69	62-63	2.50-2.59	10-15
4.50-4.59	80-81	3.50-3.59	60-61	2.00-2.49	0
4.40-4.49	78-79	3.40-3.49	58-59		
4.30-4.39	76-77	3.30-3.39	56-57		
4.20-4.29	74-75	3.20-3.29	54-55		
4.10-4.19	72-73	3.10-3.19	52-53		
		3.00-3.09	50-51		

В качестве характеристики промежуточного контроля (защита темы, контрольная работа) используется средний балл, который также переводится в 100-балльную шкалу (**Рит**).

Помимо среднего балла учитываются **штрафы**. Студент, пропустивший занятие **обязан** отработать пропущенные занятия. Отработка занятия, пропущенного по **неуважительной** причине, в срок (не позднее 2-х недель после пропуска занятия) оценивается в **2 балла**, (если позже 2 недель, то - 1 балл за каждую неделю сверх 2 недель).

Отработка занятия, пропущенного по **уважительной** причине в срок (2 недели после пропуска занятия) оценивается до **+5 баллов**. Сдача за пределами данного срока приводит к начислению **-1 балла** за каждую просроченную неделю.

Студент, пропустивший итоговое занятие по **уважительной** причине, должен в течение **недели** ликвидировать задолженность. Сдача за пределами данного срока приводит к начислению **-1 балла** за каждую просроченную неделю.

Студент, получивший **неудовлетворительную** оценку или пропустивший итоговое занятие по **неуважительной** причине, обязан в течение **недели** ликвидировать задолженность. Сдача за пределами данного срока приводит к начислению **-1 балла** за каждую просроченную неделю.

За **дополнительную** работу по дисциплине «Аналитическая химия» начисляются **бонусы** за выступление с докладом на студенческой конференции от **1** до **3** баллов.

Рейтинг в семестре определяется по формуле:

$$Рдс=(Ртек)+(Рит)/2) - штрафы$$

Аналитическая химия изучается на фармацевтическом факультете в 3-ем (**Рдс(III)**) и 4-ом (**Рдс(IV)**) семестрах. В IV семестре в соответствии с учебным планом выполняется курсовая работа, которая оценивается также как итоговая контрольная работа.

Рейтинг по дисциплине определяется по формуле:

$$Рд = (Рдс(III) + Рдс(IV)) / 2) + (Рэ),$$

где **Рэ** – балл, полученный на экзамене, переводится в 100-балльную шкалу (табл. 1)

Если студент получает на экзамене **неудовлетворительную** оценку, то рейтинг по дисциплине равен **Рд = Рэ**.

Оценка при повторной сдаче экзамена – от **3** до **5** и переводится в балльную шкалу в соответствии с табл. 2.

Таблица 2

Оценка по дисциплине на экзамене при пересдаче

оценка по 5-балльной системе		оценка по 75-балльной системе	
<b>5.0</b>	Отлично	<b>74-75</b>	
<b>4.0</b>	хорошо	<b>70-73</b>	
<b>3.0</b>	удовлетворительно	<b>61-69</b>	
<b>2.0</b>	неудовлетворительно	<b>0</b>	

## Правила работы студентов на кафедре фундаментальной и клинической биохимии

1. Запрещается находиться в помещении кафедры в верхней одежде.
2. К началу занятий студенты должны находиться на рабочих местах в халатах.
3. Пропущенные лабораторные работы отрабатываются у дежурного старшего лаборанта при наличии допуска к отработке, полученного у преподавателя группы.
4. Студенты, пропустившие теоретические занятия или получившие неудовлетворительные оценки по итоговым контрольным работам, отрабатывают теорию по графику отработок кафедры.
5. Результаты лабораторных работ оформляются в виде протокола и визируются преподавателем.
6. При выполнении лабораторных работ студенты должны четко выполнять требования техники безопасности.
7. Для подготовки к занятиям студенты должны пользоваться методическими разработками, указанной литературой кафедры.
8. Во время занятий дежурные студенты следят за порядком и чистотой в учебной аудитории, по окончании занятий ее сдают преподавателю.
9. Работа на практических занятиях, успешное усвоение лекционного курса, уровень реферативной работы учитываются рейтинговой системой.
10. Студенты, испытывающие затруднения в усвоении материала, могут посещать консультации (1 раз в неделю).



### Правила работы в аналитической лаборатории

#### Соблюдайте следующие основные правила работы:

1. Перед выполнением любого опыта внимательно ознакомьтесь с его описанием. Обратите внимание на те пункты, в которых указано: **ОСТОРОЖНО!**
2. Употребляя реактивы общего пользования, поддерживайте на столе порядок расположения склянок с растворами и веществами: не перемещайте их на другое место, ставьте на столе так, чтобы надпись на склянке была хорошо видна всем работающим за столом. Склянки с летучими веществами после использования немедленно закрывайте пробками. Не переносите пробки из одних склянок в другие.
3. Нагревая пробирку, не направляйте ее отверстие на себя и на других работающих. Нагревайте пробирку снизу вверх, а не на границе жидкость–воздух (т. е. у мениска), во избежание растрескивания стекла.
4. Зажженные спиртовки располагайте по возможности дальше от места работы и от склянок с горючими и легковоспламеняющимися веществами.
5. Особо осторожно работайте с летучими ядовитыми веществами, пользуйтесь для этого вытяжными шкафами. В описании опыта эти условия всегда указываются.

6. Воспламенившиеся горючие вещества немедленно накройте негорючим предметом, засыпьте песком. Если создается большой очаг пожара, пользуйтесь огнетушителем.
7. Пользуясь концентрированными кислотами и щелочами, не допускайте попадания их на руки, одежду и лицо. Во всех несчастных случаях пользуйтесь аптечкой.
8. В учебной комнате студенты работают самостоятельно, пользуясь руководством к лабораторным занятиям, в случае необходимости обращаются за консультацией к преподавателю.
9. При выполнении лабораторной работы точно соблюдайте порядок и последовательность операций, указанных в руководстве.
10. К выполнению следующего опыта приступают только после того, как в лабораторном журнале будут оформлены в записи результаты предыдущего опыта.
11. Каждый студент ведет лабораторный журнал, в котором кратко и точно отмечаются все наблюдения, сделанные при выполнении опытов, уравнения реакций, расчеты и т. д. Ведение лабораторного журнала контролируется и оценивается преподавателем.
12. По окончании работы уберите рабочее место и приведите в порядок склянки общего пользования. Вымойте пробирки. Качество уборки рабочих мест проверяет дежурный, который уходит из учебной комнаты последним.

**ЭКОНОМЬТЕ РЕАКТИВЫ!**

**СОБЛЮДАЙТЕ ЧИСТОТУ!**

**БЕРЕГИТЕ ИМУЩЕСТВО!**

**НЕ НАРУШАЙТЕ ПРАВИЛ ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ!**

# Модуль 1

## ОБЩИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ АНАЛИТИЧЕСКОЙ ХИМИИ

### Цели модуля:

- Актуализация знаний основных понятий, теорий, законов и закономерностей, изученных в курсе общей и неорганической химии, физической и коллоидной химии, и являющихся базой для освоения аналитической химии.
- Формирование представлений:
  - о роли и значении аналитической химии для становления специалиста в области фармации;
  - значимости преемственности, последовательности и профессиональной направленности химического образования в системе фармацевтического.
- Изучение особенностей работы в аналитической лаборатории и техники безопасности при выполнении анализа.

### На каждом занятии всех модулей формируются навыки:

- работы с литературой, справочным материалом, формулами;
- информационного поиска, в том числе использования интернет ресурсов;
- экспериментальной работы, использования химической посуды и реактивов;
- расчета и анализа результатов;

### Темы занятий модуля

**Занятие № 1.** Введение в курс аналитической химии. Роль аналитической химии в системе подготовки провизора. Основные понятия, теории, законы, закономерности, лежащие в основе аналитической химии.

**Занятие № 2.** Протолитические и гетерогенные равновесия, их применение в методах аналитической химии.

**Занятие № 3.** Окислительно-восстановительные равновесия и комплексообразование и их применение в методах аналитической химии.

**Занятие № 4.** Экстракционное равновесие и его применение в методах аналитической химии. Защита модуля «Общие теоретические основы аналитической химии».

**Опорные знания.** При изучении общих теоретических основ аналитической химии студенты опираются на знания, полученные при изучении дисциплин:

I. Общей и неорганической химии:

- основные законы и понятия химии;
- номенклатура неорганических и комплексных соединений;
- химические свойства элементов и их соединений;
- основные типы химических реакций, составление уравнений химических реакций и их использование в расчетах;
- обратимые реакции, закон действующих масс для обратимых реакций, химическое равновесие, принцип ЛеШателье;

- способы выражения концентрации вещества в растворе: массовая доля, молярная концентрация, молярная концентрация эквивалента, титр, связь между ними;
- основы теории растворов электролитов и неэлектролитов;
- редокс-потенциалы и определение направления ОВР;
- комплексные соединения;
- гетерогенные равновесия, константа растворимости, условия образования и растворения осадка;
- основные правила работы и техника безопасности в химической лаборатории;
- техника выполнения основных химических операций.

#### II. Физической и коллоидной химии:

- буферные растворы, механизм действия буферных растворов, буферная емкость;
- экстракция, закон распределения Нернста-Шилова, константа и коэффициент распределения

#### III. Органической химии:

- номенклатура органических соединений;
- основные классы органических соединений, их характерные свойства, функциональные группы;
- составление уравнений с участием органических соединений;
- связь между строением и свойствами органических соединений.

### Литература

#### Основная:

1. Харитонов Ю.А. Аналитика. В 2-х кн. Книга 1. Общие теоретические основы. Качественный анализ. – М.: Высшая школа, 2010. – 616 с.
2. Харитонов Ю.Я. Григорьева В.Ю. Примеры и задачи по аналитической химии. – ГЭОТАР-Медиа, 2009. – 304 с.
3. Харитонов Ю.Я. Григорьева В.Ю. Аналитическая химия. Практикум. – ГЭОТАР-Медиа, 2009. – 296 с.

#### Дополнительная:

1. Золотов Ю.А., Дорохова Е.Н., Фадеева В.И. и др. Основы аналитической химии. Кн. 1. Под ред. Ю.А. Золотова. – М.: Высшая школа, 2000, – 351 с.
2. Основы аналитической химии. Практическое руководство: Учебное пособие для вузов. Под ред. Ю.А. Золотова. – М.: Высшая школа, 2001, – 463 с.
3. Лурье Ю.Ю. Справочник по аналитической химии. – Химия, 1989. – 448 с.
4. Лекции.

## ЗАНЯТИЕ № 1

**Тема: Введение в курс аналитической химии.**

**Роль аналитической химии в системе подготовки провизора. Основные понятия, теории, законы, закономерности, лежащие в основе аналитической химии**

*Цели занятия:*

- Проверка исходного уровня знаний, необходимых для дальнейшего изучения аналитической химии (тестовый контроль «на входе»).
- Формирование представлений:
  - об основных исторических этапах аналитической химии, современных направлениях развития данной науки;
  - о целях и задачах аналитической химии, химического анализа в фармации;
  - об основных разделах, понятиях, структуре курса аналитической химии.
- Актуализация знаний основных понятий, законов, закономерностей, теорий растворов сильных электролитов, применительно к реакциям, используемым в аналитической химии.
- Изучение особенностей работы в аналитической лаборатории и техники безопасности при выполнении химического анализа.

### *Учебно-целевые вопросы*

1. Основные исторические этапы развития аналитической химии, перспективы ее дальнейшего развития.
2. Основные разделы современной аналитической химии.
3. Основные понятия аналитической химии: метод анализа вещества, методика анализа, качественный анализ, количественный анализ, элементный анализ, функциональный анализ, молекулярный анализ, фазовый анализ.
4. Задачи аналитической химии и химического анализа. Применение методов аналитической химии в фармации. Фармацевтический анализ. Фармакопейные методы.
5. Закон действующих масс для обратимых процессов, константа равновесия ( $K_{\text{равн}}$ ) как важнейший универсальный параметр, характеризующий обратимые реакции разных типов. Константа химического равновесия (истинная термодинамическая, концентрационная).
6. Основные положения теории растворов сильных электролитов Дебая и Хюккеля. Общая концентрация и активности ионов в растворе.
7. Ионная сила раствора. Влияние ионной силы раствора на коэффициенты активности ионов.
8. Расчет pH в растворах сильных электролитов.

### *Упражнения и задачи для самостоятельного решения*

1. Напишите выражение  $K_{\text{равн}}$  следующих процессов:
  - а)  $2\text{H}_2(\text{г}) + \text{O}_2(\text{г}) \rightleftharpoons 2\text{H}_2\text{O}$ ;
  - б)  $\text{CO}_2(\text{г}) + \text{C}(\text{тв}) \rightleftharpoons 2\text{CO}(\text{г})$
  - в)  $\text{CH}_3\text{COOH} \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{COO}^- + \text{H}^+$ ;
  - г)  $\text{NH}_4\text{OH} \rightleftharpoons \text{NH}_4^+ + \text{OH}^-$ ;
  - д)  $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+} \rightleftharpoons \text{Cu}^{2+} + 4\text{NH}_3$ ;
  - е)  $\text{CH}_3\text{COO}^- + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{COOH} + \text{OH}^-$
2. Рассчитайте ионную силу 0,05 моль/дм<sup>3</sup> раствора сульфата калия.  
(Ответ: 0,15)

3. Рассчитайте ионную силу раствора, содержащего в 1 дм<sup>3</sup> 0,010 моль нитрата бария и 0,10 моль хлорида натрия. (*Ответ: 0,13*)
4. Чему равны активности ионов кальция и нитрат-ионов в растворе нитрата кальция с молярной концентрацией 0,01 моль/дм<sup>3</sup>? (*Ответ: 0,042; 0,162*)
5. Какова активность ионов водорода в растворе, полученном при смешивании одного объема 0,10 моль/дм<sup>3</sup> раствора хлороводородной кислоты и трех объемов 0,30 моль/дм<sup>3</sup> раствора азотной кислоты? (*Ответ: 0,677*)
6. Рассчитайте pH 5,0·10<sup>-6</sup> моль/дм<sup>3</sup> раствора серной кислоты и 0,025 моль/дм<sup>3</sup> раствора гидроксида натрия с учетом и без учета ионной силы раствора. (*Ответ: 5,0; 12,33; 12,40*)

**На занятии проводится тестовый контроль исходных знаний.**

## **ЗАНЯТИЕ № 2**

**Тема: Протолитические и гетерогенные равновесия, их применение в методах аналитической химии**

### **Цели занятия:**

- Актуализация знаний о количественной характеристике растворов (массовая доля, молярная концентрация, молярная концентрация эквивалента), протолитических и гетерогенных равновесиях, используемых в методах аналитической химии.
- Формирование ценностного отношения к знаниям протолитических и гетерогенных равновесий, закономерностей протекания реакций, используемых в методах аналитической химии как значимые для фармацевтического анализа.
- Характеристика протолитических и гетерогенных химических реакций, применяемых в ходе экспериментальной работы в аналитической химии.

### **Учебно-целевые вопросы**

1. Количественная характеристика растворов: массовая доля, молярная концентрация, молярная концентрация эквивалента. Связь между ними.
2. Закон разведения Оствальда для слабых электролитов.
3. Протолитические равновесия в водных растворах кислот и оснований.
4. Расчет pH в растворах слабых кислот и оснований.
5. Гидролиз солей как протолитическая реакция. Гидролиз по катиону и аниону. Факторы, влияющие на гидролиз солей.
6. Константа и степень гидролиза, связь между ними. Расчет pH растворов гидролизующихся солей.
7. Протолитические равновесия в буферных растворах. Механизм действия буферных растворов.
8. Расчет pH буферных растворов. Факторы, влияющие на pH буферных растворов.
9. Буферная емкость. Факторы, влияющие на буферную емкость.
10. Равновесия в гетерогенных системах, состоящих из раствора и осадка малорастворимого электролита.



11. Условия и факторы, влияющие на растворение малорастворимых электролитов. Связь между растворимостью и константой растворимости малорастворимого электролита.
12. Протолитические и гетерогенные реакции в методах аналитической химии.

**Учебно-целевые вопросы**

1. Рассчитайте массу воды, необходимую для приготовления раствора NaCl, содержащего 1,5 моль NaCl на 1000 г H<sub>2</sub>O, если имеется 10 г NaCl.  
(Ответ: 114 г)
2. Рассчитайте молярную концентрацию 2%-ного раствора нитрита натрия ( $\rho = 1,011$  г/мл). (Ответ: 0,2930 моль/л)
3. Рассчитайте массу навески декагидрататетрабората натрия, необходимую для приготовления 100,0 мл раствора с молярной концентрацией эквивалента соли 0,05 моль/л. (Ответ: 0,955 г)
4. Составьте уравнения протолитических реакций в водном растворе для следующих веществ: а) HNO<sub>3</sub>; б) HBr; в) NH<sub>3</sub>. Укажите кислотно-основные сопряженные пары.
5. Вычислите степень ионизации ( $\alpha$ ): а) в 0,5%-ном растворе HNO<sub>2</sub> ( $\rho = 1$  г/мл;  $K_a(\text{HNO}_2) = 4,0 \cdot 10^{-4}$ ); б) в 0,02 н. растворе HCOOH ( $K_a(\text{HCOOH}) = 1,77 \cdot 10^{-4}$ )  
(Ответ: а) 0,061; б) 0,094)
6. Вычислите значения константы ионизации  $K_e$  и  $pK_e$  в 1,5% растворе гидроксиламина (NH<sub>2</sub>OH), если  $\rho = 1$  г/мл,  $\alpha = 0,015\%$ . (Ответ:  $1,03 \cdot 10^{-4}$ ; 3,98)
7. Рассчитайте молярную концентрацию раствора азотистой кислоты, в котором концентрация нитрит-ионов равна  $1,02 \cdot 10^{-2}$  моль/дм<sup>3</sup>,  $K_a(\text{HNO}_2) = 6,9 \cdot 10^{-4}$ .  
(Ответ: 0,20 моль/дм<sup>3</sup>)
8. Рассчитайте pH 1,89%-ного раствора аммиака ( $pK_e(\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}) = 4,76$ ).  
(Ответ: 11,6)
9. Напишите в молекулярном и ионном видах уравнения ступенчатого гидролиза солей: а) Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>; б) H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>; в) CH<sub>3</sub>COONa. Укажите кислотно-основные сопряженные пары и характер среды.
10. Рассчитайте константу, степень гидролиза и pH раствора ацетата натрия с концентрацией 0,100 моль/дм<sup>3</sup>. (Ответ:  $5,75 \cdot 10^{-10}$ ;  $7,58 \cdot 10^{-3}\%$ ; 8,88)
11. Вычислите pH буферного раствора, в 2 дм<sup>3</sup> которого содержится 0,10 моль уксусной кислоты и 0,01 моль ацетата натрия. (Ответ: 3,76)
12. Рассчитайте pH буферного раствора, содержащего 0,0804 моль гидрокарбоната натрия и 0,0398 моль карбоната натрия в 1 дм<sup>3</sup> раствора.  
(Ответ: 10,01)
13. Сколько мг хлорида аммония нужно прибавить к 10 см<sup>3</sup> 0,10 моль/дм<sup>3</sup> раствора аммиака, чтобы получить раствор с концентрацией ионов оксония, равной  $1,0 \cdot 10^{-9}$  моль/дм<sup>3</sup>? (Ответ: 93 мг)
14. 1 дм<sup>3</sup> формиатного буферного раствора содержит 0,1 моль муравьиной кислоты и 0,1 моль формиата калия. Как изменится pH этого раствора, если к 20 см<sup>3</sup> его прибавить 5 см<sup>3</sup> 0,010 моль/дм<sup>3</sup> раствора хлороводородной кислоты? (Ответ: уменьшится на 0,02)

15. Рассчитайте pH буферного раствора, образованного 800 см<sup>3</sup> 0,1 М раствора дигирофосфата натрия и 200 см<sup>3</sup> 0,2 М раствора гидрофосфата натрия. Как изменится pH этого раствора при добавлении 0,02 моль гидроксида натрия. (Ответ: 6,91; увеличится на 0,3)
16. Напишите выражение константы растворимости и выведите формулу для расчета растворимости для следующих малорастворимых электролитов: AgCl, CaSO<sub>4</sub>, Li<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, Mg<sub>3</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>.
17. Вычислите массу хромата бария в 200 см<sup>3</sup> насыщенного раствора, если константа растворимости этой соли равна  $1,2 \cdot 10^{-10}$ . (Ответ:  $5,5 \cdot 10^{-4}$  г).
18. Смешали равные объемы растворов нитрата серебра и хромата калия с молярными концентрациями по 0,01 моль/дм<sup>3</sup>. Образуется ли осадок хромата серебра, если его константа растворимости равна  $1,1 \cdot 10^{-12}$ ? (Ответ: осадок образуется).

**На занятии проводится тестовый контроль «Количественная характеристика растворов. Протолитические и гетерогенные равновесия».**

### **ЗАНЯТИЕ № 3**

**Тема: Окислительно-восстановительные равновесия и процессы комплексообразования, их применение в методах аналитической химии**

#### **Цели занятия:**

- Формирование ценностного отношения к знаниям окислительно-восстановительных равновесий и процессов комплексообразования, используемых в методах аналитической химии как профессионально значимым.
- Актуализация знаний об окислительно-восстановительных равновесиях и процессах комплексообразования, используемых в методах аналитической химии.
- Характеристика окислительно-восстановительных и комплексообразующих химических реакций в ходе экспериментальной работы.

#### **Учебно-целевые вопросы**

1. Обратимые окислительно-восстановительные системы. Стандартные и реальные электродные потенциалы окислительно-восстановительных пар. Уравнение В. Нернста. Электродвижущая сила (ЭДС).
2. Окислительно-восстановительные электроды. Редокс-потенциалы. Уравнение Нернста-Петерса.
3. Влияние концентрации ионов и pH на значение потенциалов и направление протекания окислительно-восстановительных реакций.
4. Константы равновесия окислительно-восстановительных реакций. Глубина протекания реакций.
5. Комплексные соединения, структура, классификация. Номенклатура комплексных соединений.

6. Константы устойчивости и константы нестойкости комплексных соединений.
7. Влияние различных факторов на процессы комплексообразования в растворах.
8. Типы комплексных соединений, используемых в методах аналитической химии.
9. Применение окислительно-восстановительных и комплексообразующих реакций в аналитической практике.
10. Комплексные соединения ионов металлов с органическими реагентами. Функционально-аналитические, хромофорные и ауксохромные группы в органических реагентах.
11. Основные типы соединений с органическими реагентами, применяемые в анализе: внутрикомплексные соединения (хелаты), ионные ассоциаты.

**Упражнения и задачи для самостоятельного решения**

1. Закончите и уравняйте ионно-электронным методом уравнения следующих окислительно-восстановительных реакций:
  - а)  $KI + KMnO_4 + KOH \rightarrow \dots$ ;      в)  $K_2Cr_2O_7 + HCl \rightarrow \dots$ ;
  - б)  $KNO_2 + KMnO_4 + H_2O \rightarrow \dots$ ;      г)  $CrCl_3 + Br_2 + KOH \rightarrow \dots$ .
2. Обоснуйте возможность протекания следующих окислительно-восстановительных реакций в стандартных условиях, используя справочные данные величин редокс-потенциалов:
  - а)  $KBr + FeCl_3 \rightleftharpoons Br_2 + KCl + FeCl_2$ ;      б)  $KMnO_4 + H_2O_2 + H_2SO_4 \rightleftharpoons O_2 + \dots$
3. Рассчитайте, можно ли в стандартных состояниях веществ окислить хлорид-ионы перманганат-ионами в кислой среде? (*Ответ: можно,  $\Delta E^0 > 0$* ).
4. Укажите комплексообразователь, его заряд и координационное число в следующих соединениях:  $K_2[HgI_4]$ ;  $[Ag(NH_3)_2]Cl$ ;  $Na_3[Co(NO_2)_6]$ ;  $K_4[Fe(CN)_6]$ ;  $Na_3[Cr(OH)_6]$ .
5. Напишите уравнения диссоциации следующих комплексных соединений:  $[Zn(NH_3)_4]Cl_2$ ,  $K_3[Fe(CN)_6]$  и приведите выражения констант нестойкости для комплексных ионов, поясните, какой из комплексных ионов наименее прочен.
6. Рассчитайте равновесную концентрацию железа(III) в 0,1М растворе  $K_3[Fe(CN)_6]$ . (*Ответ:  $8,3 \cdot 10^{-8}$* )
7. Вычислите равновесную концентрацию ионов ртути(II) в 0,1 моль/дм<sup>3</sup> растворе тетраиодомеркурата(II), содержащем 0,2 моль/дм<sup>3</sup> иодида калия. (*Ответ:  $9,375 \cdot 10^{-29}$* )

**На занятии проводится тестовый контроль «Окислительно-восстановительные равновесия и комплексообразование».**

## ЗАНЯТИЕ № 4

Тема: Экстракционное равновесие и его применение в методах аналитической химии.

Защита модуля «Общие теоретические основы аналитической химии»

### Цели занятия:

- Формирование ценностного отношения к знаниям об экстракционных равновесиях, используемых в методах аналитической химии как профессионально значимых.
- Актуализация знаний об экстракции и экстракционных равновесиях.
- Характеристика экстракционных процессов в ходе анализа экспериментальной работы.
- Обобщение учебного материала модуля и осуществление контроля его усвоения (защита модуля).

### Учебно-целевые вопросы

1. Что такое экстракция? Какие преимущества у экстракционных методов по сравнению с другими методами разделения?
2. Жидкостная экстракция. Основные понятия метода: экстрагент, экстракционный реагент, экстракт, реэкстракт, реэкстракция.
3. Какие растворители наиболее часто используются в экстракционном анализе? Требования, предъявляемые к органическим растворителям.
4. Экстракционное равновесие. Закон распределения Нернста-Шилова.
5. Константа и коэффициент распределения. В каких случаях эти характеристики совпадают?
6. Фактор извлечения, его связь с коэффициентом распределения.
7. Основные типы экстракционных систем, имеющие наибольшее значение в анализе. Закономерности экстракции хелатных комплексов и ионных ассоциатов.
8. Что такое маскировка? Приведите примеры использования этого приема в экстракции.

### Упражнения и задачи для самостоятельного решения

1. Рассчитайте долю экстрагированного вещества  $S_1$ , распределенного между хлороформом и водой с коэффициентом  $D = 3,2$ , если экстракция происходит из  $50 \text{ см}^3$  водного раствора: а) одной порцией хлороформа объемом  $100 \text{ см}^3$ ; б) четырьмя порциями хлороформа объемом по  $25 \text{ см}^3$ .
2. Рассчитайте коэффициент распределения  $D$  муравьиной кислоты  $\text{НСООН}$  между бензолом и водой при  $25^\circ\text{C}$  и при двух ее суммарных концентрациях в водной фазе, равных  $2,5739$  и  $9,0466$  моль/л, если суммарные концентрации в органической фазе, находящейся в равновесии с водной фазой, соответственно равны  $0,00568$  и  $0,0378$  моль/л. (Ответ:  $0,0022$  и  $0,0042$ )
3. Определите степень извлечения бензойной кислоты  $\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}$  диэтиловым эфиром из водного раствора при  $10^\circ\text{C}$  однократной экстракцией, если аналитическая концентрация бензойной кислоты в водной и органической фазах

зах соответственно равна 0,00249 и 0,226 моль/л. Объемы водной и органической фаз одинаковы. (Ответ: 98,9%)

4. Коэффициент распределения иода  $I_2$  между хлороформом и водой при 25°C составляет  $D(I_2) = 133$ . Определите отношение объемов органической и водной фаз ( $V_{\text{водн.}}/V_{\text{орг.}}$ ), при котором степень извлечения иода из водного раствора в хлороформ составит  $R(I_2) = 99,9\%$ . (Ответ: 0,13)

**На занятии проводится защита модуля «Общие теоретические основы аналитической химии».**

### Содержание защиты модуля

#### «Общие теоретические основы аналитической химии»

##### 1. Теоретические вопросы

1.1. Растворы электролитов и неэлектролитов. Количественная характеристика растворов. Единицы концентрации растворов: массовая доля, молярная концентрация, молярная концентрация эквивалента, массовая концентрация. Связь между ними.

1.2. Основные положения теории растворов сильных электролитов.

Активность, коэффициент активности, ионная сила раствора, связь между ними. Формула Дебая-Хюккеля. Влияние различных факторов на ионную силу раствора.

1.3. Применение закона действующих масс (ЗДМ) к гетерогенным, к кислотно-основным равновесиям, к равновесиям в окислительно-восстановительных системах, в растворах комплексных соединений в аналитической химии.

Равновесие между осадком малорастворимого электролита и его насыщенным раствором. Константа растворимости и произведение активностей ионов. Смещение равновесия между осадком и насыщенным раствором электролита. Условия образования и растворения осадков. Перевододных малорастворимых соединений в другие. Дробное осаждение. Растворимость осадка (моль/дм<sup>3</sup> и г/дм<sup>3</sup>). Влияние одноименных ионов на растворимость осадка. Солевой эффект.

1.4. Протолитические равновесия в растворах слабых кислот и оснований. Основные понятия протолитической теории: кислота, основание, сопряженная кислотно-основная пара. Степень и константа ионизации, связь между ними. Константы кислотности и основности. рК кислот и оснований. Автопротолиз воды. Ионное произведение воды. Водородный показатель. Расчет рН растворов кислот и оснований. Амфолиты.

1.4. Гидролиз солей как протолитическая реакция. Гидролиз по катиону и аниону. Константа и степень гидролиза, связь между ними. Расчет рН растворов солей. Подавление и усиление гидролиза. Применение в аналитической практике.

1.5. Буферные растворы. Протолитическое равновесие в буферных растворах. Расчет рН буферных растворов. Понятие о буферной емкости. Применение буферных растворов в химическом анализе.

1.6. Обратимые окислительно-восстановительные системы. Уравнение Нернста. Окислительно-восстановительные электродные потенциалы (стандартный, ре-

альный, формальный). Электродвижущая сила гальванического элемента. Редокс-потенциалы.

Влияние концентрации ионов и pH на значения потенциалов окислительно-восстановительных пар и на направление протекания реакций в растворах. Константы равновесия окислительно-восстановительных реакций. Глубина протекания реакций. Использование окислительно-восстановительных реакций в химическом анализе.

1.7. Общая характеристика комплексных (координационных) соединений.

Типы комплексных соединений, используемых в аналитической химии. Устойчивость, растворимость, окраска комплексных соединений. Константы устойчивости и константы нестойкости комплексных соединений. Комплексные соединения ионов металлов с органическими реагентами. Функционально-аналитические, хромофорные и ауксохромные группы в органических реагентах. Основные типы соединений с органическими реагентами, применяемые в анализе: внутрикомплексные соединения (хелаты), ионные ассоциаты. Важнейшие органические реагенты, применяемые в анализе: 1-нитрозо-2-нафтол; диметилглиоксим; ализарин; дитизон; 8-оксихинолин; купрон; магнезон; дифенилкарбазид и др. Использование комплексных соединений с неорганическими и органическими лигандами в анализе.

## 2. Типовые расчетные задачи

Расчет:

- ионной силы и активности ионов;
- константы растворимости по растворимости;
- растворимости малорастворимых электролитов: в воде; в присутствии одноименного иона; в присутствии постороннего электролита;
- реального потенциала окислительно-восстановительной пары;
- глубины протекания окислительно-восстановительных реакций;
- концентрации ионов комплексообразователей и лигандов в растворах комплексных соединений;
- возможности осаждения ионов металла-комплексообразователя при добавлении ионов, образующих с ним малорастворимые соединения

Определение:

- направления окислительно-восстановительных реакций в стандартных условиях;
- направления окислительно-восстановительных реакций в реальных условиях.

## Модуль 2. КАЧЕСТВЕННЫЙ ХИМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ

**Цели модуля:**

➤ Формирование представления роли и значения качественного химического анализа для фармацевтического анализа.

➤ Изучение:

– основных понятий качественного химического анализа;

- классификации методов качественного анализа;
- аналитической классификации катионов по группам;
- характеристик чувствительности аналитических реакций.
- Формирование умений:
  - выполнения пробирочных качественных реакций;
  - расчета различных характеристик чувствительности аналитических реакций.
- Воспитание ценностного отношения к знаниям, умениям и навыкам, приобретаемым при изучении качественного химического анализа как профессионально значимым.

### **Темы занятий модуля**

**Занятие № 1.** Введение в качественный химический анализ. Основные понятия, определения, классификации. Аналитические реакции катионов I-III группы по кислотно-основной классификации

**Занятие № 2.** Анализ смеси катионов I-III аналитических групп.

**Занятие № 3.** Аналитические реакции катионов IV и V аналитических групп.

**Занятие № 4.** Аналитические реакции катионов VI группы.

**Занятие № 5.** Анализ смеси катионов IV-VI аналитических групп.

**Занятие № 6.** Аналитические реакции анионов I аналитической группы.

**Занятие № 7.** Аналитические реакции анионов II-III аналитических групп.

**Занятие № 8.** Анализ смеси анионов I-III аналитических групп.

**Занятие № 9.** Анализ смеси катионов и анионов (сухой соли). Контрольная работа «Качественный химический анализ».

**Опорные знания.** При изучении качественного химического анализа студенты опираются на знания общих теоретических основ аналитической химии:

- основные законы и понятия химии;
- номенклатура неорганических и комплексных соединений;
- химические свойства элементов и их соединений;
- основные типы химических реакций, составление уравнений химических реакций и их использование в расчетах;
- обратимые реакции, закон действующих масс для обратимых реакций, химическое равновесие, принцип ЛеШателье;
- способы выражения концентрации вещества в растворе: массовая доля, молярная концентрация, молярная концентрация эквивалента, титр, связь между ними;
- основы теории растворов электролитов и неэлектролитов;
- редокс-потенциалы и определение направления ОВР;
- комплексные соединения;
- гетерогенные равновесия, константа растворимости, условия образования и растворения осадка;
- основные правила работы и техника безопасности в химической лаборатории;
- техника выполнения основных химических операций.

- буферные растворы, механизм действия буферных растворов, буферная емкость;
- экстракция, закон распределения Нернста-Шилова, константа и коэффициент распределения;
- номенклатура органических соединений;
- основные классы органических соединений, их характерные свойства, функциональные группы;
- составление уравнений с участием органических соединений;
- связь между строением и свойствами органических соединений.

## Литература

### Основная:

1. Харитонов Ю.А. Аналитика. В 2-х кн. Книга 1. Общие теоретические основы. Качественный анализ. – М.: Высшая школа, 2010. – 616 с.
2. Харитонов Ю.Я. Григорьева В.Ю. Примеры и задачи по аналитической химии.–ГЭОТАР-Медиа, 2009. – 304 с.
3. Харитонов Ю.Я. Григорьева В.Ю. Аналитическая химия. Практикум. – ГЭОТАР-Медиа, 2009. – 296 с.

### Дополнительная:

1. Золотов Ю.А., Дорохова Е.Н., Фадеева В.И. и др. Основы аналитической химии. Кн. 1. Под ред. Ю.А. Золотова. – М.: Высшая школа, 2000, – 351 с.
2. Основы аналитической химии. Практическое руководство: Учебное пособие для вузов. Под ред. Ю.А. Золотова. – М.: Высшая школа, 2001, – 463 с.
3. Методическое пособие «Качественный химический анализ». Краснодар, КГМУ, 2005. – 163 с.
4. Лурье Ю.Ю. Справочник по аналитической химии. – Химия, 1989. – 448 с.
5. Лекции.

## ЗАНЯТИЕ № 1

**Тема: Введение в качественный химический анализ.**

**Основные понятия, определения, классификации.**

**Аналитические реакции катионов I-III группы по кислотно-основной классификации**

### *Цели занятия:*

#### ➤ Изучение:

– основных понятий, определений, классификаций качественного химического анализа;

–химических свойств катионов I-III аналитических групп.

#### ➤ Формирование умений:

– расчета параметров различных характеристик чувствительности аналитических реакций;

– выполнения качественных реакций катионов I-III аналитических групп полумикрометодом.



### Учебно-целевые вопросы

1. Основные понятия качественного химического анализа: аналитическая реакция, химический реагент, аналитический эффект, дробный, систематический анализ.
2. Какие реагенты и реакции называются специфическими, селективными, групповыми?
3. Как подразделяют аналитические реакции по агрегатному состоянию и количеству вещества, взятого для анализа?
4. Основные способы выполнения аналитических реакций.
5. Что такое чувствительность аналитической реакции, предел обнаружения, предельное разбавление, предельная концентрация?
6. Групповые реагенты в кислотно-основном методе качественного анализа.
7. Общая характеристика катионов и соединений I, II и III аналитических групп.
8. Групповые реагенты I, II и III аналитических групп катионов. Какие вещества образуются при их действии на катионы данных групп?
9. Почему катион свинца при кислотно-основной классификации катионов одновременно попадает во II и III аналитические группы?
10. Какие реакции позволяют открывать в растворе ионы кальция и бария при их совместном присутствии?
11. Применение соединений катионов I, II и III аналитических групп в медицине и фармации.

### Упражнения и задачи для самостоятельного решения

1. Напишите в молекулярном и сокращенном ионном виде уравнения фармакопейных реакций катионов I, II и III аналитических групп:
  - 1) гексанитрокобальтат (III) натрия + хлорид калия  $\rightarrow$  ;
  - 2) гидроксид натрия + хлорид аммония  $\rightarrow$  ;
  - 3) формальдегид + раствор аммиака + нитрат серебра  $\rightarrow$  ;
  - 4) иодид калия + нитрат свинца  $\rightarrow$  ;
  - 5) оксалат аммония + хлорид кальция  $\rightarrow$  ;
2. Напишите в молекулярном и сокращенном ионном виде уравнения реакций:
  - а)  $\text{Hg}_2(\text{NO}_3)_2 \xrightarrow{+\text{HCl}} \dots \xrightarrow{+\text{NH}_3} \dots$ ; г)  $\text{Sr}(\text{NO}_3)_2 + \text{CaSO}_4 \xrightarrow{t} \dots$ ;
  - б)  $\text{Hg}_2(\text{NO}_3)_2 \xrightarrow{+\text{KI}} \dots \rightarrow \dots$ ; д)  $\text{BaCl}_2 + \text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \dots$ ;
  - в)  $\text{CaCl}_2 \xrightarrow{+\text{H}_2\text{SO}_4} \dots \xrightarrow{+(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4} \dots$ ; ж)  $\text{CaCl}_2 + \text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6] \rightarrow \dots$ .
3. Покажите связь между растворимостью и константой растворимости при образовании следующих малорастворимых электролитов:  $\text{AgCl}$ ;  $\text{Ag}_2\text{CrO}_4$ ,  $\text{Ag}_3\text{PO}_4$ .
4. Предел обнаружения ионов натрия равен 9 мкг в объеме раствора 0,10 см<sup>3</sup>. Вычислите предельную концентрацию ионов натрия. (Ответ:  $9 \cdot 10^{-5}$  г/см<sup>3</sup>).
5. При обнаружении ионов кальция серной кислотой реакция удаётся с 0,10 см<sup>3</sup> раствора соли кальция с молярной концентрацией  $1,0 \cdot 10^{-5}$  моль/дм<sup>3</sup>. Вычислите предел обнаружения и предельное разбавление для данной реакции. (Ответ: 0,04 мкг;  $2,5 \cdot 10^6$  см<sup>3</sup>/г).

6. Предел обнаружения свинца(II) в виде хромата свинца равен 0,15 мкг в капле раствора объемом 0,03 см<sup>3</sup>. Вычислите предельную концентрацию свинца(II) для данной реакции и молярную концентрацию ионов свинца в растворе. (Ответ:  $5 \cdot 10^{-6}$  г/см<sup>3</sup>;  $2,4 \cdot 10^{-5}$  моль/дм<sup>3</sup>).

**На занятии проводится тестовый контроль по теме: «Качественные реакции катионов I-III группы».**

## **ЗАНЯТИЕ № 2**

### **Тема: Анализ смеси катионов I-III аналитических групп**

#### **Цели занятия:**

➤ **Формирование:**

- представления о значимости систематического анализа для фармации;
- умения выполнения систематического анализа смеси катионов I-III аналитических групп.

#### **Учебно-целевые вопросы**

1. Перечислите основные этапы систематического анализа смеси катионов I-III аналитических групп.
2. Почему необходимо удалить свинец, приступая к анализу осадка хлоридов катионов II группы и сульфатов катионов III группы?
3. Как удаляют свинец: а) из осадка хлоридов II аналитической группы; б) из осадка сульфатов III аналитической группы?
4. Почему анализ смеси катионов I-III аналитических групп начинают с обнаружения и отделения катионов бария?
5. Почему в ходе систематического анализа смеси катионов I-III аналитических групп проводят перевод осадка сульфатов катионов III аналитической группы в карбонаты?
6. Какой из сульфатов III аналитической группы катионов труднее всего переводится в карбонаты? Для ответа используйте табличные значения констант растворимости сульфатов и карбонатов.
7. Как открывают кальций и стронций при совместном присутствии?
8. Почему ионы Na<sup>+</sup> и K<sup>+</sup> при анализе смеси катионов I-III групп лучше открывать из исходного раствора после отделения катионов II и III групп в виде карбонатов?

#### **Упражнения и задачи для самостоятельного решения**

1. Приведите уравнения специфических реакций обнаружения катионов I-III аналитических групп.
2. Напишите уравнения микрокристаллоскопических реакций катионов I-III аналитических групп.
3. Как отличаются осадки хлоридов серебра(I), ртути(I) и свинца(II) по растворимости в воде и по отношению к раствору соляной кислоты и раствору аммиака? Приведите уравнения реакций.
4. Какая соль свинца выделяется в осадок при добавлении к раствору, содержащему катион свинца, смеси разбавленной хлороводородной и серной ки-

слот? Для ответа используйте табличные значения констант растворимости  $PbCl_2$  и  $PbSO_4$ .

5. В водном растворе присутствуют катионы  $Ca^{2+}$ ,  $Sr^{2+}$ ,  $Ba^{2+}$  в одинаковых концентрациях. К этому раствору медленно прибавляют водный раствор  $H_2SO_4$ . В какой последовательности будут осаждаться из раствора перечисленные катионы? Ответ поясните.
6. Какой катион будет осаждаться первым при медленном добавлении раствора  $NaCl$  к смеси, содержащей  $0,001$  моль/дм<sup>3</sup>  $AgNO_3$  и  $0,1$  моль/дм<sup>3</sup>  $Pb(NO_3)_2$ ? Ответ обоснуйте, используя правило дробного осаждения.

**На занятии проводится тестовый контроль по теме: «Анализ смеси катионов I-III групп».**

### **ЗАНЯТИЕ № 3**

#### **Тема: Аналитические реакции катионов IV и V аналитических групп**

##### **Цели занятия:**

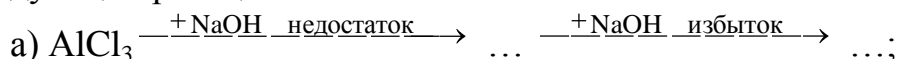
- Изучение химических свойств катионов IV и V аналитических групп.
- Формирование умения выполнения химических реакций катионов IV и V аналитических групп.

##### **Учебно-целевые вопросы**

1. Дайте общую характеристику катионов IV и V аналитических групп.
2. Групповые реагенты IV и V аналитических групп.
3. Охарактеризуйте основные химические свойства соединений катионов IV и V аналитических групп: амфотерность, способность к гидролизу, окислительно-восстановительные свойства, способность к комплексообразованию.
4. Какие ионы IV группы проявляют окислительно-восстановительные свойства? Какие элементы, катионы которых входят в состав V аналитической группы, проявляют переменную степень окисления?
5. Применение соединений катионов IV и V аналитических групп в медицине и фармации.

##### **Упражнения и задачи для самостоятельного решения**

1. Напишите в молекулярном и сокращенном ионном виде уравнения реакций взаимодействия катионов IV и V аналитических групп с групповыми реагентами.
2. Напишите уравнения реакций растворения гидроксидов катионов IV группы.
3. Напишите в молекулярном и сокращенном ионном виде уравнения следующих реакций:



- з) хлорид висмута + KI(недостаток)  $\rightarrow$  ... + KI(избыток)  $\rightarrow$  ;  
 е) хлорид магния + гидрофосфат натрия + NH<sub>4</sub>OH  $\rightarrow$  .
4. Напишите формулы комплексных анионов, которые образуются при действии концентрированной соляной кислоты на соединения Sn(II), Sn(IV), As(III), As(V).
  5. Для обнаружения какого иона IV группы используют органический реагент дитизон? Приведите формулу образующегося соединения и укажите его окраску.
  6. Что происходит с осадками гидроксидов железа(II) и марганца(II) при стоянии на воздухе? Напишите уравнения реакций.

**На занятии проводится тестовый контроль по теме: «Качественные реакции катионов IV-V групп».**

## **ЗАНЯТИЕ № 4**

### **Тема: Аналитические реакции катионов VI группы**

#### **Цели занятия:**

- Изучение химических свойств катионов VI аналитической группы.
- Формирование умения выполнения химических реакций катионов VI аналитической группы.

#### **Учебно-целевые вопросы**

1. Дайте общую характеристику катионов и соединений VI аналитической группы.
2. Охарактеризуйте основные химические свойства соединений катионов VI аналитической группы.
3. Групповой реагент на катионы VI аналитической группы. Какие соединения образуются при его действии на катионы VI группы?
4. Какие катионы VI аналитической группы в водных растворах имеют окраску?
5. Применение соединений катионов VI аналитической группы в медицине и фармации.

#### **Упражнения и задачи для самостоятельного решения**

1. Напишите уравнения реакций взаимодействия катионов VI аналитической группы с групповым реагентом в молекулярном и сокращенном ионном виде, укажите признаки реакций:
  - а) сульфат меди(II) + NH<sub>3</sub>·H<sub>2</sub>O<sub>(недостаток)</sub>  $\rightarrow$  ... + NH<sub>3</sub>·H<sub>2</sub>O<sub>(избыток)</sub>  $\rightarrow$  ...;
  - б) хлорид никеля(II) + NH<sub>3</sub>·H<sub>2</sub>O<sub>(недостаток)</sub>  $\rightarrow$  ... + NH<sub>3</sub>·H<sub>2</sub>O<sub>(избыток)</sub>  $\rightarrow$  ...;
  - в) хлорид кобальта(II) + NH<sub>3</sub>·H<sub>2</sub>O<sub>(недостаток)</sub>  $\rightarrow$  ... + NH<sub>3</sub>·H<sub>2</sub>O<sub>(избыток)</sub>  $\rightarrow$  ...;
  - г) сульфат никеля(II) + NH<sub>3</sub>·H<sub>2</sub>O<sub>(недостаток)</sub>  $\rightarrow$  ... + NH<sub>3</sub>·H<sub>2</sub>O<sub>(избыток)</sub>  $\rightarrow$  ...
2. Напишите уравнения реакций взаимодействия катионов VI аналитической группы щелочными металлами в молекулярном и сокращенном ионном виде, укажите признаки реакций:
  - а) сульфат меди(II) + NaOH  $\rightarrow$  ... ;
  - б) нитрат кобальта(II) + NaOH  $\rightarrow$  ... ; в) нитрат кобальта(II) + NaOH  $\rightarrow$  ... .

3. Напишите уравнения реакций взаимодействия  $\text{CuSO}_4$  с реагентом  $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$  в молекулярном и сокращенном ионном виде, укажите признаки реакций.
4. Напишите реакцию окисления катиона кобальта(II) пероксидом водорода в щелочной среде.

**На занятии проводится тестовый контроль по теме: «Качественные реакции катионов VI группы».**

## **ЗАНЯТИЕ № 5**

### **Тема: Анализ смеси катионов IV-VI аналитических групп**

#### **Цель занятия:**

➤ Формирование:

- представления о значимости качественного анализа смеси катионов для фармации.
- умения выполнения качественного анализа смеси катионов IV-VI аналитических групп.

#### **Учебно-целевые вопросы**

1. Назовите групповые реагенты на катионы IV, V, VI аналитических групп. Опишите их действие на катионы.
2. Какие из катионов IV-VI аналитических групп окрашены?
3. Назовите органические реагенты, используемые для обнаружения катионов IV-VI групп.
4. Какие из катионов IV-VI групп обладают окислительно-восстановительными свойствами?
5. При обнаружении каких катионов IV-VI групп используется экстракция образующихся соединений?

#### **Задачи для самостоятельного решения**

1. Напишите формулы соединений, образующихся при взаимодействии катионов IV, V и VI групп с избытком аммиака. Укажите цвет образующихся соединений.
2. Что произойдет, если солянокислые растворы солей сурьмы(III), висмута(III), олова(III) разбавить водой и нагреть?
3. Закончите и уравняйте ионно-электронным методом уравнения следующих окислительно-восстановительных реакций, укажите аналитические сигналы:  
а)  $\text{Na}_2\text{S} + \text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow$  ;    г)  $\text{NaNO}_2 + \text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow$  ;  
б)  $\text{KBr} + \text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow$  ;    в)  $\text{KI} + \text{NaNO}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow$  ;    д)  $\text{I}_2 + \text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow$  .
4. Напишите уравнения окисления гидроксидов катионов IV-VI групп пероксидом водорода в щелочной среде.

**На занятии проводится тестовый контроль по теме: «Качественный анализ катионов».**

## ЗАНЯТИЕ № 6

### Тема: Аналитические реакции анионов I аналитической группы

#### Цель занятия:

➤ Изучение:

- аналитической классификации анионов;
- химических свойств анионов I аналитической группы.

➤ Формирование умения выполнения химических реакций анионов I аналитической группы.

#### Учебно-целевые вопросы

1. Принципы аналитической классификации анионов.
2. Классификация анионов, основанная на образовании малорастворимых соединений. Групповые реагенты и состав групп.
3. Классификация анионов, основанная на окислительно-восстановительных свойствах. Групповые реагенты и состав групп.
4. Состав и общая характеристика анионов I аналитической группы. Действие группового реагента.
5. Анионы окислители и восстановители, входящие в состав I группы.
6. Анионы I группы, индифферентные по отношению к окислителям и восстановителям.
7. Анионы летучих кислот, входящие в состав I группы.
8. Применение анионов I аналитической группы в фармациии медицине.

#### Упражнения и задачи для самостоятельного решения

1. Напишите уравнения реакций в молекулярном и сокращенном ионном виде, укажите аналитические признаки реакций:  
а)  $\text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{BaCl}_2 \rightarrow$  ;                      г) известковая вода +  $\text{CO}_2 \rightarrow \dots + \text{CO}_2 \rightarrow$  ;  
б)  $\text{CH}_3\text{COONa} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow$  ;                      д)  $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4 + \text{BaCl}_2 \rightarrow$  ;  
в)  $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{HCl} \rightarrow$  ;                              е)  $\text{Na}_2\text{HPO}_4 + \text{BaCl}_2 \rightarrow$  .
2. Приведите уравнения реакций обнаружения карбонат-иона.
3. Объясните, могут ли одновременно находиться в растворе следующие пары ионов:  $\text{MnO}_4^-$  и  $\text{SO}_3^{2-}$ ,  $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$  и  $\text{MnO}_4^-$ ,  $\text{Cu}^{2+}$  и  $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ .
4. К раствору, содержащему анионы:  $\text{S}^{2-}$ ,  $\text{SO}_3^{2-}$  и  $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$  добавили иод. В какой последовательности будут окисляться эти анионы? Ответ обоснуйте, рассчитав электродвижущую силу реакций.

**На занятии проводится тестовый контроль по теме: «Качественный анализ анионов I групп».**

## ЗАНЯТИЕ 7

### Тема: Аналитические реакции анионов II-III аналитических групп

#### Цели занятия:

- Изучение химических свойств анионов II-III аналитических групп.
- Формирование умения выполнения химических реакций анионов II-III аналитических групп.

### **Учебно-целевые вопросы**

1. Состав и общая характеристика анионов II группы. Действие группового реагента.
2. Состав и общая характеристика анионов III группы.
3. Применение соединений анионов II и III аналитических групп в медицине и фармации.

### **Упражнения и задачи для самостоятельного решения**

1. Приведите уравнения реакций и укажите окраску осадков, образующихся при взаимодействии анионов II группы с катионами серебра.
2. Сравните полноту окисления иодид-ионов дихромат-ионами и нитрит-ионами в стандартных состояниях веществ.
3. Для анализа предложена смесь анионов:  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Br}^-$ ,  $\text{I}^-$ . Можно ли обнаружить каждый из анионов, используя в качестве окислителя: а) раствор перманганата калия в кислой среде; б) раствор хлорида железа(III); в) раствор нитрита натрия в кислой среде. Ответ обоснуйте, рассчитав электродвижущую силу реакций.
4. Напишите уравнения реакций обнаружения ацетат-ионов. Укажите аналитические признаки.
5. Напишите уравнение реакции нитрита натрия с антипирином в кислой среде. Укажите аналитические признаки реакции.

**На занятии проводится тестовый контроль по теме: «Качественный анализ анионов II-III групп».**

## **ЗАНЯТИЕ № 8**

### **Тема: Анализ смеси анионов I-III аналитических групп**

#### **Цели занятия:**

##### **➤ Формирование:**

- представления о значимости качественного анализа смеси анионов для фармации;
- умения выполнения качественного анализа смеси анионов в смеси.

### **Учебно-целевые вопросы**

1. Основные операции при анализе смеси анионов дробным методом.
2. Какие индифферентные анионы можно обнаружить дробным методом при анализе смеси анионов?
3. Обнаружение тиосульфат-ионов в смеси с сульфит- и сульфат-ионами.
4. Почему нельзя открывать карбонат-ион в присутствии сульфит- и тиосульфат-ионов?
5. Обнаружение оксалат-иона в присутствии мешающих анионов?
6. Обнаружение иодид- и бромид-ионов при совместном присутствии.
7. Какие реакции позволяют обнаружить нитрит-ион в присутствии нитрат-иона?

### ***Упражнения и задачи для самостоятельного решения***

1. Напишите уравнение реакции обнаружения фосфат-иона в смеси в молекулярном и ионном виде.
2. Приведите алгоритм операций при обнаружении оксалат-ионов при наличии мешающих анионов.
3. Почему все растворимые соли кальция дают с оксалатом аммония  $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$ ? Удастся ли эта реакция, если этот реактив заменить раствором  $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ ? Напишите уравнения реакции в молекулярном и ионном виде.
4. При действии на раствор хромата калия  $\text{K}_2\text{CrO}_4$  нитратом серебра выпадает темно-красный осадок  $\text{Ag}_2\text{CrO}_4$ . Удастся ли эта реакция, если хромат калия заменить сульфатом хрома  $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$ ? Приведите соответствующие уравнения реакций в молекулярном и ионном видах.

## **ЗАНЯТИЕ № 9**

**Тема: Анализ смеси катионов и анионов (сухой соли).**

**Контрольная работа «Качественный химический анализ»**

### ***Цели занятия:***

➤ Формирование:

- представления о значимости качественного анализа смеси катионов и анионов для фармации.
  - умения выполнения качественного анализа смеси катионов и анионов в виде сухой соли.
- Обобщение учебного материала модуля и осуществление контроля его усвоения (контрольная работа).

### ***Учебно-целевые вопросы***

1. Сущность дробного анализа катионов и анионов.
2. Сущность систематического анализа катионов.
3. Перечислите катионы, летучие соли которых окрашивают пламя горелки.
4. Поясните роль групповых реагентов в анализе катионов и анионов.
5. Перечислите основные этапы хода анализа анионов.
6. С какой целью проводят предварительные испытания и наблюдения при анализе неизвестного образца?
7. Применение качественного анализа смеси катионов и анионов в фармации.

### ***Упражнения и задачи для самостоятельного решения***

1. Напишите микрокристаллоскопические реакции, применяемые в ходе анализа катионов.
2. Напишите уравнения реакций обнаружения катионов серебра, меди, железа.
3. Напишите уравнения реакций обнаружения хлорид-, карбонат-, сульфит- и ацетат- анионов.

***На занятии проводится итоговая контрольная работа по теме: «Качественный химический анализ».***



## Содержание контрольной работы «Качественный химический анализ»

### 1. Основные понятия качественного анализа

Аналитические реакции. Пробирочные, капельные, микрокристаллоскопические реакции, реакции окрашивания пламени. Специфические, селективные, групповые реакции и реагенты. Макро-, полумикро-, микроанализ.

Чувствительность аналитических реакций, способы ее выражения, предельная концентрация, предельное разбавление, минимальный объем.

Дробный и систематический анализ. Принципы аналитической классификации катионов. Понятие о сероводородном, аммиачно-фосфатном и кислотном методах анализа.

### 2. Анализ катионов и анионов

2.1. Классификация катионов на аналитические группы по кислотно-основному методу. I, II, III аналитические группы: групповые реагенты, состав, общая химико-аналитическая характеристика. Аналитические реакции катионов I-III аналитических групп. Систематический ход анализа смеси катионов I-III аналитических групп.

2.2. Состав IV-VI аналитических групп катионов, их общая химико-аналитическая характеристика. Групповые реагенты. Частные реакции катионов IV-VI групп. Дробный анализ смеси катионов IV-VI групп. Систематический ход анализа смеси катионов IV-VI групп.

2.3. Аналитическая классификация анионов, основанная на образовании малорастворимых соединений. Групповые реагенты и состав аналитических групп анионов. Аналитические реакции анионов I-III групп. Анализ смеси анионов.

### 3. Типовые упражнения и расчетные задачи

Схема анализа смеси катионов.

Схема анализа смеси анионов.

Расчет характеристик чувствительности аналитических реакций.

## Модуль 3. КОЛИЧЕСТВЕННЫЙ ХИМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ. ГРАВИМЕТРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ

### Цели модуля:

➤ Формирование представлений:

- об использовании гравиметрии в фармацевтическом анализе;
- о титриметрических методах анализа и их использовании в фармации;
- о значимости количественного анализа для фармации.

➤ Изучение:

- основных понятий, теорий, законов и закономерностей, лежащих в основе количественного анализа, методов анализа, их применение в аналитической химии и фармацевтическом анализе;
- основных понятий, параметров и методов статистической обработки экспериментальных данных количественного анализа.
- особенностей выполнения эксперимента в количественном анализе.

➤ Формирование умений экспериментальной статистической обработки результатов в методах количественного анализа.

### **Темы занятий модуля**

**Занятие № 1.** Введение в количественный анализ. Цели и основные понятия количественного анализа. Гравиметрический анализ. Определение сульфат-иона в аптечном препарате (1-ое занятие).

**Занятие № 2.** Определение сульфат-ионов в аптечном препарате (2-ое занятие).

**Занятие № 3.** Определение сульфат-ионов в аптечном препарате (3-е занятие).  
Защита модуля «Гравиметрический анализ».

### **Опорные знания:**

При изучении количественного анализа студенты опираются на знания и умения, приобретенные при изучении дисциплин «Общая и неорганическая химия», «Физическая и коллоидная химия», «Органическая химия», модулей «Общие теоретические основы аналитической химии» и «Качественный химический анализ»:

- основные понятия и стехиометрические законы химии;
- периодический закон и периодическая система химических элементов Д.И. Менделеева;
- важнейшие классы неорганических и органических соединений;
- электролитическая диссоциация, ионные уравнения;
- основные термодинамические и кинетические закономерности протекания химических реакций;
- количественная характеристика растворов;
- равновесие в гетерогенных системах раствор-осадок малорастворимого электролита;
- кислотно-основные равновесия;
- равновесия в растворах комплексных соединений.
- основы качественного химического анализа;
- чувствительность аналитических реакций;
- статистическая обработка результатов эксперимента

### **Список литературы:**

#### **Основная литература**

1. Харитонов Ю.Я. Аналитическая химия (аналитика). В 2 книгах. Книга 2. Количественный анализ. Физико-химические (инструментальные) методы анализа—М.: Высшая школа, 2010. – 560 с.
2. Харитонов Ю.Я., Джабаров Д., Григорьева В. Аналитическая химия. Количественный анализ, физико-химические методы анализа. Практикум. – ГЭОТАР-Медиа, 2012. – 368 с.
3. Харитонов Ю.Я. Григорьева В.Ю. Примеры и задачи по аналитической химии.—ГЭОТАР-Медиа, 2009. – 304 с.

### **Дополнительная:**

1. Золотов Ю.А., Дорохова Е.Н., Фадеева В.И. и др. Основы аналитической химии. Кн. 1. Под ред. Ю.А. Золотова. – М.: Высшая школа, 2000, – 351 с.
2. Основы аналитической химии. Практическое руководство: Учебное пособие для вузов. Под ред. Ю.А. Золотова. – М.: Высшая школа, 2001, – 463 с.
3. Методическое пособие «Количественный химический анализ». Краснодар КГМУ, 2007.- 155 с.
4. Лурье Ю.Ю. Справочник по аналитической химии. – Химия, 1989. – 448 с.
5. Лекции.

## **ЗАНЯТИЕ № 1**

**Тема: Введение в количественный анализ.**

**Цели и основные понятия количественного анализа.**

**Гравиметрический анализ. Определение сульфат-иона в аптечном препарате (1-ое занятие)**

### ***Цели занятия:***

- Формирование представления о значимости статистической обработки экспериментальных результатов для фармацевтического анализа.
- Изучение:
  - целей, основных понятий и методов количественного анализа, их применение в фармации;
  - основных понятий, параметров и методов статистической обработки экспериментальных данных количественного анализа;
  - сущности гравиметрического метода анализа.
- Формирование умения выполнения статистической обработки результатов количественного анализа.

### ***Учебно-целевые вопросы***

1. Какие типы погрешностей возможны при проведении количественного анализа?
2. Что понимают под «правильностью» и «воспроизводимостью» результата анализа? С какими типами погрешностей связаны эти понятия?
3. Чему равна погрешность взвешивания на аналитических весах?
4. Сколько параллельных определений обычно проводят при выполнении анализа?
5. С помощью каких статистических критериев можно определить наличие «промаха» (грубой погрешности) в результатах параллельных определений?
6. Какие параметры служат для характеристики воспроизводимости результата анализа?
7. Как правильно представить результат анализа?
8. Как установить наличие или отсутствие систематической погрешности, если известно действительное содержание определяемого компонента и найден доверительный интервал для результата определения?
9. Сущность гравиметрического анализа.

10. Классификация методов гравиметрического анализа.
11. Осаждаемая и гравиметрическая формы. Требования, предъявляемые к ним.
12. Константа растворимости ( $K_s$ ), ее роль в теории образования и растворения осадков.

### ***Задачи и упражнения для самостоятельного решения***

1. При проведении четырех параллельных определений содержания магния в образце соли получены следующие результаты в %: 12,34; 12,40; 12,14; 12,20. Рассчитайте стандартное отклонение среднего результата. (*Ответ:  $12,27 \pm 0,07$* ).
2. При проведении четырех параллельных определений меди в растворе гравиметрическим методом получены следующие результаты в г/л: 3,465; 3,505; 3,425; 3,435. Представьте окончательные результаты в виде доверительного интервала с доверительной вероятностью 0,95. (*Ответ:  $3,458 \pm 0,228$* ).
3. При контроле качества лекарственного препарата пираретама найдено содержание основного вещества равным в %: 98,9; 99,1; 99,4; 99,5; 99,7. Истинное значение содержания пираретама в препарате составляет 99,3%. Рассчитайте доверительный интервал для среднего результата анализа с доверительной вероятностью 0,95. Оцените правильность методики анализа. (*Ответ:  $99,3 \pm 0,4\%$ . Методика дает правильные результаты*).
4. В виде какого соединения  $\text{CaSO}_4$  ( $K_s = 2,5 \cdot 10^{-5}$ ) или  $\text{CaC}_2\text{O}_4$  ( $K_s = 2,3 \cdot 10^{-9}$ ) следует осаждать  $\text{Ca}^{2+}$  при его гравиметрическом определении?
5. Пригодны ли в качестве гравиметрической формы такие соединения как  $\text{Al}(\text{OH})_3$  и  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ ? Зачем их прокаливают в ходе анализа?
6. Какие из предложенных веществ  $\text{NaOH}$  или  $\text{NH}_4\text{OH}$  следует выбрать в качестве осадителя при определении железа в хлориде железа(III)?
7. В насыщенный раствор  $\text{BaSO}_4$ , ввели раствор  $\text{KNO}_3$ . Как изменится растворимость  $\text{BaSO}_4$ ?

## **ЗАНЯТИЕ № 2**

### **Тема: Определение сульфат-ионов в аптечном препарате (2-ое занятие)**

#### ***Цели занятия:***

- Формирование представления о значимости гравиметрического метода для фармацевтического анализа.
- Изучение основных теорий образования осадков, лежащих в основе гравиметрического метода анализа.
- Формирование умений:
  - выполнения экспериментального получения осадка вещества в гравиметрическом методе анализа;
  - выполнения расчетов массы осадка и осадителя в гравиметрическом методе анализа.

### **Учебно-целевые вопросы**

1. Основы положения теории образования кристаллических осадков.
2. Основы положения теории образования аморфных осадков.
3. Факторы, влияющие на полноту осаждения.
4. Соосаждение: адсорбция; окклюзия; инклюзия. Способы уменьшения соосаждения.
5. Техника осаждения и фильтрования осадков, их высушивание и прокаливание.
6. Промывные жидкости и их значение.
7. Достоинства и недостатки гравиметрии.

### **Задачи и упражнения для самостоятельного решения**

1. Вычислите фактор пересчета при определении марганца в виде  $Mn_3O_4$ .  
(Ответ: 0,7203)
2. Вычислите гравиметрические факторы для определения  $Fe(OH)_3$ ,  $Na_2SO_4$ ,  $Ag^+$ , если их гравиметрические формы имеют следующие формулы:  $Fe_2O_3$ ,  $BaSO_4$ ,  $AgCl$ . (Ответ: 1,3375; 0,6094; 0,7509)
3. При проведении гравиметрического анализа кальций осадили раствором оксалата аммония в виде оксалата кальция и прокалили. Масса прокаленного осадка составила 0,1132 г. Вычислите содержание в растворе  $CaCl_2$  и  $Ca^{2+}$ . Напишите уравнения реакций.
4. При определении сульфат-ионов в виде  $BaSO_4$  оптимальная масса гравиметрической формы 0,5000 г. Какую навеску сульфата натрия необходимо взять для анализа? (Ответ: 0,2060 г).
5. Рассчитайте массу навески  $BaCl_2 \cdot H_2O$ , необходимую для проведения анализа гравиметрическим методом путем осаждения в виде  $BaSO_4$ .  
(Ответ: 0,52 г).

**На занятии проводится тестовый контроль по теме: «Гравиметрические методы анализа».**

## **ЗАНЯТИЕ № 3**

**Тема: Определение сульфат-ионов в лекарственном веществе (3-е занятие).**

### **Защита модуля «Гравиметрия»**

#### **Цели занятия:**

- Формирование представления о систематических погрешностях и их допустимости в гравиметрическом анализе.
- Формирование умений:
  - получения гравиметрической формы вещества в гравиметрическом методе анализа;
  - выполнения расчетов процентного содержания вещества в лекарственном препарате в гравиметрическом методе анализа.
- Обобщение учебного материала модуля и осуществление контроля его усвоения (защита модуля).

### Учебно-целевые вопросы

1. Источники систематических погрешностей в гравиметрическом анализе.
2. Какая из систематических погрешностей вносит основной вклад в суммарную погрешность анализа?
3. Допустимая систематическая погрешность анализа, возникающая при осаждении и последующем промывании осадка вследствие его частичной растворимости?

### Упражнения и задачи для самостоятельного решения

1. Вычислите массовую долю хлорид-ионов в образце массой 1,6453 г, если масса гравиметрической формы хлорида серебра равна 0,2576 г.  
(Ответ: 3,87%)
2. Рассчитайте массовую долю  $MgCO_3$  в образце, если изнавеска его, массой 0,5000 г, в результате анализа получено 0,2856 г  $Mg_2P_2O_7$ . (Ответ: 43,3%).
3. Какой объем физиологического раствора, содержащего 0,9% хлорида натрия ( $\rho = 1 \text{ г/см}^3$ ), следует взять для анализа, чтобы масса гравиметрической формы  $AgCl$  составила 0,36 г? (Ответ: 16,3  $\text{см}^3$ )
4. Какой объем 0,3 М раствора оксалата аммония необходим для осаждения кальция в виде оксалата кальция из 0,6000 г хлорида кальция, если осадитель взять в полуторократном избытке? (Ответ: 27  $\text{см}^3$ )

**На занятии проводится защита модуля по теме: «Гравиметрия».**

### Содержание защиты модуля по теме «Гравиметрический анализ»

1. Сущность гравиметрического анализа, достоинства и недостатки.
2. Классификация методов гравиметрического анализа.
3. Константа растворимости, ее значение в теории образования и растворения осадка.
4. Осаждаемая и гравиметрическая формы. Требования, предъявляемые к ним.
5. Требования, предъявляемые к осадителю в гравиметрическом анализе.
6. Теория образования и необходимые условия осаждения кристаллических осадков в гравиметрическом анализе.
7. Теория образования и необходимые условия осаждения аморфных осадков в гравиметрическом анализе.
8. Факторы, влияющие на полноту осаждения: а) одноименные с осадком ионы; б) сильные электролиты, не имеющие одноименных с осадком ионов («солевой эффект»); в) концентрация ионов водорода; г) температура; д) комплексообразование.
9. Соосаждение: адсорбция, окклюзия, инклюзия. Способы уменьшения соосаждения.
10. Созревание осадка. Старение осадка. Значение их в гравиметрическом анализе.
11. Промывные жидкости. Требования, предъявляемые к ним.
12. Основные операции гравиметрического анализа.

### Типы расчетных задач.

Расчет: гравиметрического фактора, навески анализируемого вещества, объема раствора осадителя, массы и массовой доли определяемого вещества.

## **Модуль 4. КОЛИЧЕСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ. ТИТРИМЕТРИЧЕСКИЕ ХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ АНАЛИЗА, ПРИМЕНЕНИЕ В ФАРМАЦИИ**

### *Цели модуля:*

- Формирование представления о значимости методов титриметрического химического анализа для фармации.
- Изучение основных теорий, законов, понятий и методов титриметрического химического анализа.
- Формирование умений:
  - приготовления растворов титрантов и проведения их стандартизации;
  - экспериментального определения количества вещества методом титрования;
  - выполнения расчетов в титриметрическом анализе: расчет массы стандартного вещества и объема концентрированного раствора, необходимых для приготовления титранта, расчет концентрации титранта при его стандартизации.

### **Темы занятий модуля**

**Занятие № 1.** Основные понятия титриметрического анализа. Классификация методов. Кислотно-основное титрование. Приготовление и стандартизация рабочего раствора HCl.

**Занятие № 2.** Определение массы щелочи и карбоната натрия при их совместном присутствии.

**Занятие № 3.** Определение содержания аммиака в солях аммония.

**Занятие № 4.** Окислительно-восстановительное титрование. Перманганатометрия. Определение массы железа (II) в растворе.

**Занятие № 5.** Приготовление и стандартизация титранта нитрита натрия. Определение содержания стрептоцида в лекарственном препарате «Стрептоцид белый».

**Занятие № 6.** Броматометрия. Приготовление и стандартизация титранта. Определение содержания салицилата натрия в лекарственном препарате.

**Занятие № 7.** Комплексонометрическое титрование. Определение кальция и магния в препарате «Глюконат кальция».

**Занятие № 8.** Осадительное титрование. Определение содержания бромида калия в препарате методом Мора.

**Занятие № 9.** Определение содержания бромида калия в препарате методом Фольгарда. Контрольная работа «Титриметрический анализ».

**Опорные знания:** При изучении модуля студенты опираются на знания, приобретенные при изучении курса общей и неорганической химии, модулей «Общие теоретические основы аналитической химии» и «Гравиметрический метод анализа»:

- основные понятия и стехиометрические законы химии;
- периодический закон и периодическая система химических элементов Д.И. Менделеева;
- важнейшие классы неорганических и органических соединений;
- электролитическая диссоциация, ионные уравнения;

- основные термодинамические и кинетические закономерности протекания химических реакций;
- количественная характеристика растворов;
- основы качественного химического анализа
- чувствительность аналитических реакций;
- равновесие в гетерогенных системах раствор-осадок малорастворимого электролита;
- кислотно-основные равновесия;
- равновесия в растворах комплексных соединений;
- статистическая обработка экспериментальных результатов.

## **ЗАНЯТИЕ № 1**

**Тема: Основные понятия титриметрического анализа.**

**Классификация методов. Кислотно-основное титрование. Приготовление и стандартизация рабочего раствора HCl**

*Цели занятия:*

- Формирование представлений о применении метода кислотно-основного титрования в фармацевтическом анализе.
- Изучение:
  - основных понятий, классификации методов и видов титриметрического химического анализа и кислотно-основного титрования;
  - сущности кислотно-основного титрования.
- Формирование умений:
  - приготовления растворов титрантов и проведения их стандартизации в методе кислотно-основного титрования;
  - выполнения расчета массы стандартного вещества и объема концентрированного раствора, необходимых для приготовления титранта, расчета концентрации титранта при его стандартизации.

### *Учебно-целевые вопросы*

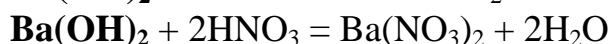
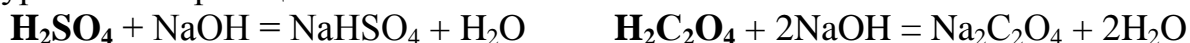
1. Титриметрический анализ. Закон, лежащий в его основе.
2. Основные понятия: аликвота, титрант, титрование, точка эквивалентности, конечная точка титрования, индикатор, кривая титрования, степень оттитрованности.
3. Требования, предъявляемые к реакциям в титриметрическом анализе.
4. Классификация методов титриметрического анализа.
5. Сущность метода кислотно-основного титрования. Основная реакция метода. Применяемые титранты. Стандартные вещества.
6. Виды кислотно-основного титрования: ацидиметрия, алкалиметрия.
7. Способы выражения концентраций в объемном анализе: молярная концентрация, молярная концентрация эквивалента, титр, титриметрический фактор пересчета (титр по определяемому веществу), поправочный коэффициент.
8. Приготовление растворов титрантов по навеске твердого вещества.



9. Приготовление растворов титрантов методом разбавления более концентрированного раствора с известной концентрацией.
10. Стандартные (установочные) вещества, требования к ним.
11. Виды титрования: прямое, обратное, косвенное.
12. Методы отдельных навесок и пипетирования.

### *Упражнения и задачи для самостоятельного решения*

1. Рассчитайте молярную массу эквивалента веществ, указанных первыми в уравнениях реакций:



2. Навеску декагидрата тетрабората натрия массой 5,0053 г растворили в воде и получили 250,0 см<sup>3</sup> раствора. Рассчитайте молярную концентрацию эквивалента соли в растворе. (*Ответ: 0,1050 моль/дм<sup>3</sup>*).
3. Рассчитайте массу навески карбоната натрия, необходимую для приготовления 500,0 см<sup>3</sup> раствора с молярной концентрацией эквивалента соли 0,1000 моль/дм<sup>3</sup>. (*Ответ: 2,6497 г*).
4. Какой объем 0,2 н. раствора хлороводородной кислоты ( $F_{0,2} = 0,8567$ ) надо взять, чтобы получить 2,5 дм<sup>3</sup> 0,05 н. раствора? (*Ответ: 730 см<sup>3</sup>*).
5. Какой объем раствора серной кислоты ( $\rho = 1,775 \text{ г/см}^3$ ) потребуется для приготовления 1500 см<sup>3</sup> раствора с титриметрическим фактором пересчета по гидроксиду калия равным  $5,611 \cdot 10^{-3} \text{ г/см}^3$ . (*Ответ: 4,90 см<sup>3</sup>*).
6. Чему равна молярная концентрация эквивалента раствора серной кислоты, если массовая доля ее в растворе равна 11,26% ( $\rho = 1,08 \text{ г/см}^3$ ). (*Ответ: 2,47 моль/дм<sup>3</sup>*).
7. Раствор щавелевой кислоты приготовлен из навески массой 1,2607 г в мерной колбе емкостью 200,0 см<sup>3</sup>. Рассчитайте его молярную концентрацию, молярную концентрацию эквивалента, титр и титриметрический фактор пересчета по NaOH. (*Ответ: 0,0500 моль/дм<sup>3</sup>; 0,1000 моль/дм<sup>3</sup>; 0,006303 г/см<sup>3</sup>; 0,004000 г/см<sup>3</sup>*).

**На занятии проводится тестовый контроль по теме: «Способы выражения концентрации в объемном анализе».**

## **ЗАНЯТИЕ № 2**

**Тема: Определение массы щелочи и карбоната натрия при их совместном присутствии**

### *Цели занятия:*

- Изучение
  - теорий индикаторов кислотно-основного титрования;
  - способов определения точки эквивалентности в методе кислотно-основного титрования.
- Формирование умений:

- экспериментального определения массы щелочи и карбоната натрия при их совместном присутствии;
- выполнения расчетов массы и массовой доли определяемого вещества по экспериментальным данным;
- выполнения статистической обработки результатов титриметрического анализа.

### **Учебно-целевые вопросы**

1. Способы определения точки эквивалентности в кислотно-основном титровании.
2. Индикаторы кислотно-основного титрования. Требования к ним.
3. Ионная, хромофорная, ионно-хромофорная теории индикаторов.
4. Классификация индикаторов. Интервал изменения окраски, показатель титрования индикаторов.
5. Примеры типичных индикаторов кислотно-основного титрования.

### **Упражнения и задачи для самостоятельного решения**

1. Как выбрать индикатор для кислотно-основного титрования? Предложите индикаторы для титрования раствором HCl оснований: NaOH, NH<sub>3</sub>, Ba(OH)<sub>2</sub> и раствором KOH кислот: CH<sub>3</sub>COOH, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, HF.
2. Рассчитайте концентрацию H<sub>3</sub>O<sup>+</sup> и OH<sup>-</sup> ионов в растворе с pH равным 2. Укажите окраску фенолфталеина в этом растворе.
3. В исследуемом растворе метиловый оранжевый принял красную окраску. Можно ли точно назвать значение pH данного раствора?
4. Вычислите молярную концентрацию хлороводородной кислоты, если на титрование 0,0976 г декагидрата тетрабората натрия было затрачено 21,55 см<sup>3</sup> раствора этой кислоты. (*Ответ: 0,0237 моль/дм<sup>3</sup>*).
5. На титрование 10,00 см<sup>3</sup> раствора карбоната натрия с молярной концентрацией 0,1200 моль/дм<sup>3</sup> метиловым оранжевым было израсходовано 12,00 см<sup>3</sup> раствора серной кислоты. Вычислите молярную концентрацию эквивалента раствора серной кислоты. (*Ответ: 0,2000 моль/дм<sup>3</sup>*).
6. Вычислите массу муравьиной кислоты, содержащейся в растворе, если на его титрование было израсходовано 12,25 см<sup>3</sup> раствора гидроксида калия с молярной концентрацией 0,3550 моль/дм<sup>3</sup>. (*Ответ: 0,2002 г*).
7. Навеску гидроксида кальция массой 1,5000 г, содержащую индифферентные примеси, растворили в воде и получили 200,0 см<sup>3</sup> раствора. На титрование аликвотной доли объемом 20,00 см<sup>3</sup> было израсходовано 15,20 см<sup>3</sup> раствора хлороводородной кислоты с молярной концентрацией 0,2399 моль/дм<sup>3</sup>. Вычислите массовую долю гидроксида кальция в образце в %. (*Ответ: 90,06%*).
8. Сколько % индифферентных примесей содержит гидроксид натрия, если на нейтрализацию раствора, содержащего 0,1659 г его, затрачивается 20,50 см<sup>3</sup> 0,2000 н. раствора хлороводородной кислоты. (*Ответ: 1,15%*).

## ЗАНЯТИЕ № 3

### Тема: Определение содержания аммиака в солях аммония

#### Цели занятия:

##### ➤ Изучение:

- методов анализа кривых кислотно-основного титрования;
- причин возникновения индикаторных ошибок метода кислотно-основного титрования и способов их устранения.

##### ➤ Формирование умений:

- расчета, построения и анализа кривых кислотно-основного титрования;
- расчета индикаторных ошибок кислотно-основного титрования;
- экспериментального определения содержания аммиака в солях аммония способом обратного титрования;
- выполнения расчетов массы и массовой доли аммиака в солях аммония по экспериментальным данным;
- выполнения статистической обработки экспериментальных результатов.

#### Учебно-целевые вопросы

1. Кривые кислотно-основного титрования.
2. Расчет, построение и анализ типичных кривых титрования для случаев:  
а) сильной, слабой кислоты сильной щелочью; б) сильного, слабого основания сильной кислотой.
3. Выбор индикаторов по кривой титрования.
4. Титрование полипротонных кислот.
5. Ошибки кислотно-основного титрования, их расчет и устранение.

#### Упражнения и задачи для самостоятельного решения

1. К раствору хлорида аммония прибавили  $20,00 \text{ см}^3$  раствора NaOH с титром  $0,004000 \text{ г/см}^3$ . Кипячением удалили из раствора аммиак, а избыток NaOH оттитровали  $9,75 \text{ см}^3$  раствора HCl с титром  $0,003646 \text{ г/см}^3$ . Вычислите массу аммиака в анализируемом растворе. (Ответ:  $0,01742 \text{ г}$ ).
2.  $100,00 \text{ см}^3$   $0,0500 \text{ моль/дм}^3$  раствора NaOH титруют раствором  $\text{H}_2\text{SO}_4$  с молярной концентрацией  $0,0250 \text{ моль/дм}^3$ . Рассчитайте pH раствора при добавлении  $99,90$ ;  $100,00$ ;  $110,00 \text{ см}^3$  раствора титранта. (Ответ:  $9,40$ ;  $7,00$ ;  $2,62$ ).
3.  $10,00 \text{ см}^3$   $0,2000 \text{ моль/дм}^3$  раствора уксусной кислоты титруют  $0,1000 \text{ моль/дм}^3$  раствором гидроксида калия. Рассчитайте pH раствора при добавлении  $19,99$ ;  $20,00$ ;  $21,00 \text{ см}^3$  раствора титранта. (Ответ:  $8,06$ ;  $8,79$ ;  $11,51$ ).
4.  $20,00 \text{ см}^3$   $0,0500 \text{ моль/дм}^3$  раствора аммиака титруют хлороводородной кислотой с концентрацией  $0,1000 \text{ моль/дм}^3$ . Рассчитайте pH раствора при добавлении  $8,00$ ;  $10,00$ ;  $10,10 \text{ см}^3$  раствора титранта. (Ответ:  $8,64$ ;  $5,36$ ;  $3,48$ ).
5. Рассчитайте индикаторные ошибки при титровании  $10,00 \text{ см}^3$   $0,1000 \text{ моль/дм}^3$  раствора муравьиной кислоты раствором гидроксида калия с такой же концентрацией с индикаторами феноловым красным и тимолфталеином (Ответ:  $-0,018\%$ ;  $+0,2\%$ ).

**На занятии проводится тестовый контроль по теме: «Кислотно-основное титрование».**

## **ЗАНЯТИЕ № 4**

**Тема: Окислительно-восстановительное титрование.**

**Перманганатометрия. Определение массы железа (II) в растворе**

*Цели занятия:*

- Формирование представления о значимости методов окислительно-восстановительного титрования для фармацевтического анализа.
- Изучение:
  - основных понятий, методов и видов окислительно-восстановительного титрования;
  - теоретических основ перманганатометрического титрования;
  - способов определения точки эквивалентности в методах окислительно-восстановительного титрования.
- Формирование умений:
  - определения точки эквивалентности в методах окислительно-восстановительного титрования;
  - экспериментального определения массы железа(II) в растворе методом перманганатометрии;
  - выполнения расчетов массы и массовой доли определяемого вещества по экспериментальным данным;
  - выполнения статистической обработки экспериментальных результатов.

### *Учебно-целевые вопросы*

1. Окислительно-восстановительное титрование. Сущность метода. Классификация редокс-методов.
2. Требования, предъявляемые к окислительно-восстановительным реакциям.
3. Виды окислительно-восстановительного титрования (прямое, обратное, заместительное).
4. Индикаторы окислительно-восстановительного титрования.
5. Перманганатометрическое титрование. Сущность метода.
6. Условия проведения титрования. Титрант, его приготовление, стандартизация.
7. Установление конечной точки титрования.
8. Использование перманганатометрии в анализе фармпрепаратов.
9. Достоинства и недостатки метода перманганатометрии.

### *Упражнения и задачи для самостоятельного решения*

1. Как изменяются окислительно-восстановительные свойства перманганата калия в зависимости от pH? Напишите соответствующие полуреакции и приведите значения ОВ-потенциалов.
2. Закончите уравнения ОВР и рассчитайте молярные массы эквивалентов окислителя и восстановителя: а)  $\text{FeSO}_4 + \text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow$ ;  
б)  $\text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{O}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow$ ; в)  $\text{CrCl}_3 + \text{H}_2\text{O}_2 + \text{NaOH} \rightarrow$
3. Навеску дигидрата щавелевой кислоты массой 0,2000 г растворили в разбавленной серной кислоте, полученный раствор нагрели до 70°C и оттитровали

10,14 см<sup>3</sup> раствора перманганата калия. Вычислить титр раствора титранта.  
(Ответ:  $3,720 \cdot 10^{-3}$  г/см<sup>3</sup>).

4. Какой объем раствора перманганата калия с молярной концентрацией 0,2500 моль/дм<sup>3</sup> необходимо взять для приготовления 80,00 см<sup>3</sup> раствора с примерной молярной концентрацией эквивалента 0,05 моль/дм<sup>3</sup>.  
(Ответ: 4 см<sup>3</sup>).

5. На титрование 20,00 см<sup>3</sup> стандартного раствора оксалата натрия с молярной концентрацией 0,025 моль/дм<sup>3</sup> затрачено 22,50 см<sup>3</sup> раствора перманганата калия. Рассчитайте молярную концентрацию, молярную концентрацию эквивалента и титр раствора перманганата калия.  
(Ответ: 0,0089 моль/дм<sup>3</sup>; 0,0444 моль/дм<sup>3</sup>; 0,001403 г/см<sup>3</sup>).

6. Вычислить массовую долю (%) пероксида водорода в растворе, если на титрование 15,00 см<sup>3</sup> этого раствора ( $\rho = 1,0$  г/см<sup>3</sup>) было затрачено 8,95 см<sup>3</sup> раствора перманганата калия с молярной концентрацией 0,01010 моль/дм<sup>3</sup>.  
(Ответ: 0,0512%).

**На занятии проводится тестовый контроль по теме: «Перманганометрия».**

## **ЗАНЯТИЕ № 5**

**Тема: Приготовление и стандартизация титранта нитрита натрия.**

**Определение содержания стрептоцида в лекарственном препарате «Стрептоцид белый»**

**Цели занятия:**

- Формирование представления о значимости нитритометрического титрования для фармацевтического анализа.
- Изучение:
  - причин возникновения индикаторных ошибок окислительно-восстановительного титрования и способов их устранения;
  - теоретических основ нитритометрического титрования;
- Формирование умений:
  - расчета индикаторных ошибок окислительно-восстановительного титрования;
  - приготовления и стандартизации титранта нитрита натрия;
  - экспериментального определения содержания стрептоцида в лекарственном препарате «Стрептоцид белый» методом нитритометрического титрования;
  - выполнения расчетов в методе нитритометрического титрования и статистической обработки экспериментальных результатов.

### **Учебно-целевые вопросы**

1. Индикаторные ошибки окислительно-восстановительного титрования, их происхождение, расчет, устранение.
2. Нитритометрическое титрование. Сущность метода.
3. Титрант метода, его приготовление, стандартизация.
4. Индикаторы метода (внешние, внутренние).
5. Применение нитритометрии.

### Упражнения и задачи для самостоятельного решения

1. Закончите уравнения ОВР и расставьте коэффициенты ионно-электронным методом, рассчитайте молярные массы эквивалента окислителя и восстановителя:  $\text{KMnO}_4 + \text{NaNO}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow$ .
2. До какого объема следует разбавить  $200,0 \text{ см}^3$  раствора перманганата калия с молярной концентрацией  $0,0500 \text{ моль/дм}^3$  для получения раствора с титриметрическим фактором пересчета по дигидрату щавелевой кислоте, равным  $3,00 \cdot 10^{-3} \text{ г/см}^3$ ? (Ответ: до  $1051 \text{ см}^3$ ).
3. Навеску нитрита натрия массой  $1,9898 \text{ г}$  растворили в воде и получили  $250 \text{ см}^3$  раствора. Рассчитайте молярную концентрацию эквивалента раствора соли и его титр по перманганату калия. (Ответ:  $0,2300 \text{ моль/дм}^3$ ;  $7,27 \cdot 10^{-3} \text{ г/см}^3$ ).
4. К смеси нитрита натрия и хлорида натрия массой  $0,1000 \text{ г}$  добавили серную кислоту и иодид калия. Через  $10 \text{ мин}$  смесь оттитровали  $13,20 \text{ см}^3$  раствора тиосульфата натрия с молярной концентрацией  $0,0656 \text{ моль/дм}^3$ . Вычислите массовую долю нитрита натрия в смеси в %. (Ответ:  $59,7\%$ ).
5. Навеска нитрита натрия равная  $1,6900 \text{ г}$  растворена в мерной колбе емкостью  $200,0 \text{ см}^3$ . К  $20,0 \text{ см}^3$  этого раствора прилили  $30,0 \text{ см}^3$  подкисленного  $0,1000 \text{ н.}$  раствора  $\text{KMnO}_4$ . Избыток  $\text{KMnO}_4$  оттитрован  $10,0 \text{ см}^3$   $0,0500 \text{ н.}$  раствора  $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ . Вычислите массовую долю  $\text{NaNO}_2$  в исследуемом образце. (Ответ:  $51\%$ ).
6. Навеску препарата новокаина массой  $1,3890 \text{ г}$  растворили в воде и получили  $100,0 \text{ см}^3$  раствора. На нитритометрическое титрование  $10,0 \text{ см}^3$  этого раствора израсходовали  $10,0 \text{ см}^3$  стандартизованного раствора нитрита натрия с молярной концентрацией  $0,1010 \text{ моль/дм}^3$ . Рассчитайте молярную концентрацию приготовленного раствора новокаина, его титр, массу новокаина и массовую долю новокаина в препарате ( $M(\text{новокаина}) = 272,78 \text{ г/моль}$ ). (Ответ:  $0,0505 \text{ моль/дм}^3$ ;  $0,013775 \text{ г/см}^3$ ;  $1,3775 \text{ г}$ ;  $99,17\%$ ).

**На занятии проводится тестовый контроль по теме: «Нитритометрия».**

## ЗАНЯТИЕ № 6

**Тема: Броматометрия. Приготовление и стандартизация титранта. Определение содержания салицилата натрия в лекарственном препарате**

### Цели занятия:

➤ Изучение:

- методов анализа кривых окислительно-восстановительного титрования;
- теоретических основ броматометрического и бромометрического титрования.

➤ Формирование умений:

- расчета, построения и анализа кривых окислительно-восстановительного титрования;
- приготовления и стандартизации титранта броматометрического титрования;

- экспериментального определения содержания салицилата натрия в лекарственном препарате броматометрическим титрованием;
- выполнения расчетов в броматометрическом титровании и статистической обработки экспериментальных результатов.

### **Учебно-целевые вопросы**

1. Кривые окислительно-восстановительного титрования. Расчет, построение и анализ.
2. Броматометрическое титрование. Сущность метода.
3. Титрант метода, его приготовление и стандартизация. Условия проведения титрования. Применение броматометрии.
4. Броматометрическое титрование. Сущность метода.
5. Титрант метода, его приготовление и стандартизация. Условия проведения титрования. Применение броматометрии.

### **Упражнения и задачи для самостоятельного решения**

1. Напишите уравнение реакции и рассчитайте молярную массу эквивалента бромата калия в реакции с иодидом калия в сильнокислой среде. (*Ответ: 27,83 г/моль*).
2. Напишите уравнение реакции и рассчитайте молярную массу эквивалента салициловой кислоты в реакции с бромом, если образуется трибромпроизводное. (*Ответ: 23,02 г/моль*).
3. Навеску бромата калия массой 0,2015 г обработали избытком иодида калия в кислой среде, и на титрование полученного раствора иода было израсходовано 24,93 см<sup>3</sup> раствора тиосульфата натрия. Вычислите молярную концентрацию титранта. (*Ответ: 0,2916 моль/дм<sup>3</sup>*).
4. Для броматометрического определения As<sub>2</sub>O<sub>3</sub> в препарате мышьяковистого ангидрида приготовили 60,0 см<sup>3</sup> раствора, в котором была растворена навеска препарата массой 0,1014 г. На титрование 20,00 см<sup>3</sup> этого раствора израсходовано 6,80 см<sup>3</sup> стандартного раствора бромата калия с титриметрическим фактором пересчета по As<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, равным 0,004946 г/см<sup>3</sup>. Рассчитайте массовую долю As<sub>2</sub>O<sub>3</sub> в исходной навеске препарата. (*Ответ: 99,51%*).
5. К 15,0 см<sup>3</sup> 0,0400 моль/дм<sup>3</sup> раствора сульфата олова(II) прибавили 15,0 см<sup>3</sup>; 20,0 см<sup>3</sup>; 25,0 см<sup>3</sup> раствора сульфата церия(VI) с молярной концентрацией 0,0600 моль/дм<sup>3</sup>. Рассчитайте реальные окислительно-восстановительные потенциалы полученных растворов. (*Ответ: 0,164 В; 0,58 В; 1,40 В*).

**На занятии проводится тестовый контроль по теме: «Окислительно-восстановительное титрование».**

## **ЗАНЯТИЕ № 7**

**Тема: Комплексонометрическое титрование.**

**Определение кальция и магния в препарате «Глюконат кальция»**

**Цели занятия:**

- Формирование представления о значимости комплексиметрического титрования для фармацевтического анализа.
- Изучение:
  - теоретических основ, методов и видов комплексиметрического титрования;
  - теоретических основ комплексонометрического титрования;
  - способов определения точки эквивалентности в методе комплексонометрического титрования.
- Формирование умений:
  - расчета, построения и анализа кривых комплексонометрического титрования;
  - приготовления и стандартизации титранта ЭДТА в комплексонометрическом титровании;
  - экспериментального определения кальция и магния в препарате «Глюконат кальция» методом комплексонометрического титрования;
  - выполнения расчетов в комплексонометрическом титровании и статистической обработки экспериментальных результатов.

### **Учебно-целевые вопросы**

1. Комплексонометрическое титрование. Классификация методов и их применение. Требования к реакциям.
2. Комплексонометрия. Сущность метода.
3. Понятие о комплексонометрии металлов. Равновесия в водных растворах ЭДТА.
4. Титрант метода, его приготовление и стандартизация.
5. Кривые титрования, их расчет, построение и анализ.
6. Индикаторы комплексонометрии. Требования, предъявляемые к металлохромным индикаторам.
7. Преимущества и недостатки комплексонометрии. Применение метода в аналитической химии и фармации.

### **Упражнения и задачи для самостоятельного решения**

1. Рассчитайте молярную массу эквивалента нитрата ртути(II)  $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$  в реакции с хлоридом натрия при определении хлорид-ионов методом комплексиметрического титрования. (*Ответ: 163,30 г/моль*).
2. Какую массу навески комплекса III (ЭДТА·2H<sub>2</sub>O) необходимо растворить в воде для получения 200,0 см<sup>3</sup> раствора с молярной концентрацией комплекса III 0,0500 моль/дм<sup>3</sup>? (*Ответ: 3,722 см<sup>3</sup>*).
3. Определите молярную концентрацию, титр и титриметрический фактор пересчета по свинцу(II) раствора, содержащего 8,4053 г безводного этилендиаминтетраацетата натрия в объеме 1 дм<sup>3</sup>. (*Ответ: 0,0250 моль/дм<sup>3</sup>; 0,00841 г/см<sup>3</sup>; 0,00518 г/см<sup>3</sup>*).
4. Навеску гептагидрата сульфата магния массой 17,500 г растворили в воде и получили 1,00 дм<sup>3</sup> раствора. 50,0 см<sup>3</sup> раствора поместили в мерную колбу



- вместимостью  $100,0 \text{ см}^3$  и довели водой до метки.  $20,00 \text{ см}^3$  приготовленного раствора оттитровали  $19,50 \text{ см}^3$  раствора ЭДТА. Рассчитайте титриметрический фактор пересчета ЭДТА по кальцию. (*Ответ:*  $1,459 \cdot 10^{-3}$  моль/ $\text{см}^3$ ).
5. К пробе, содержащей соль свинца, добавили  $25,00 \text{ см}^3$   $0,05 \text{ н.}$  раствора ЭДТА,  $F_{0,05}=1,020$ . Избыток не вступившего в реакцию ЭДТА оттитровали  $10,05 \text{ см}^3$   $0,05 \text{ н.}$  раствора магния сульфата,  $F_{0,05} = 0,890$ . Вычислите массу свинца в растворе. (*Ответ:*  $0,1715 \text{ г}$ ).
  6. Образец гексагидрата нитрата марганца(II) массой  $4,500 \text{ г}$  растворили в воде и получили  $200,0 \text{ см}^3$  раствора. На титрование  $10,00 \text{ см}^3$  полученного раствора израсходовали  $13,50 \text{ см}^3$  раствора ЭДТА с молярной концентрацией  $0,0500 \text{ моль/дм}^3$ . Рассчитайте массовую долю марганца в образце. (*Ответ:*  $16,48\%$ ).
  7. К  $25,0 \text{ см}^3$   $0,0400 \text{ моль/дм}^3$  раствора цинка сульфата прибавили в процессе титрования: а)  $18,0 \text{ см}^3$ ; б)  $20,0 \text{ см}^3$ ; в)  $22,0 \text{ см}^3$  раствора ЭДТА с молярной концентрацией  $0,0500 \text{ моль/дм}^3$ . Рассчитайте  $pZn$  в полученных растворах. (*Ответ:*  $2,63$ ;  $8,83$ ;  $15,00$ ).
  8. Рассчитайте индикаторную ошибку при титровании  $20,0 \text{ см}^3$   $0,0500 \text{ моль/дм}^3$  раствора хлорида цинка раствором ЭДТА с концентрацией  $0,0400 \text{ моль/дм}^3$  с: а) эриохромом черным Т при  $pH = 10$ ; б) ксиленоловым оранжевым при  $pH = 6$ . (*Ответ:*  $5,7 \cdot 10^{-9}\%$ ;  $0,0014\%$ ).

**На занятии проводится тестовый контроль по теме: «Комплексиметрическое титрование».**

## **ЗАНЯТИЕ № 8**

**Тема: Осадительное титрование. Определение содержания бромид-калия в препарате методом Мора**

### **Цели занятия:**

- Формирование представления о значимости осадительного титрования для фармацевтического анализа.
- Изучение:
  - теоретических основ, методов и видов осадительного титрования;
  - сущности аргентометрического титрования.
- Формирование умений:
  - стандартизации титранта в аргентометрическом титровании;
  - экспериментального определения содержания бромид-калия в препарате методом Мора;
  - выполнения расчетов в аргентометрическом титровании и статистической обработки экспериментальных результатов.

### **Учебно-целевые вопросы**

1. Сущность метода осадительного титрования.
2. Требования, предъявляемые к реакциям в методе осадительного титрования.

3. Классификация методов осадительного титрования по природе титранта, взаимодействующего с определяемыми веществами.
4. Виды осадительного титрования (прямое, обратное).
5. Аргентометрия: метод Гей-Люссака, метод Мора.

***Упражнения и задачи для самостоятельного решения***

1. Напишите уравнение реакции и рассчитайте молярную массу эквивалента хлорида натрия в реакции с нитратом серебра.
2. Напишите уравнение реакции и рассчитайте молярную массу эквивалента нитрата ртути(II) в реакции с хлоридом натрия.
3. Вычислите массу навески тиоцианата аммония, необходимую для приготовления 250,0 см<sup>3</sup> раствора с молярной концентрацией 0,0500 моль/дм<sup>3</sup>.  
(Ответ: 0,9515 г).
4. Рассчитайте молярную концентрацию раствора нитрата серебра и его титриметрический фактор пересчета по хлориду калия, если в 400,0 см<sup>3</sup> раствора содержится 3,2560 г соли. (Ответ: 0,04792 моль/дм<sup>3</sup>; 3,572·10<sup>-3</sup> г/см<sup>3</sup>).
5. Навеску нитрата серебра массой 0,1200 г оттитровали 10,00 см<sup>3</sup> раствора тиоцианата калия. Вычислите молярную концентрацию раствора титранта. (Ответ: 0,0706 моль/дм<sup>3</sup>).

***На занятии проводится тестовый контроль по теме: «Осадительное титрование».***

## **ЗАНЯТИЕ № 9**

**Тема: Определение содержания бромида калия в препарате методом Фольгарда.**

**Контрольная работа «Титриметрические методы анализа»**

***Цели занятия:***

➤ Изучение:

- теоретических основ применения индикаторов в осадительном титровании;
- сущности метода Фольгарда.

➤ Формирование умений:

- расчета, построения и анализа кривых осадительного титрования;
- экспериментального определения содержания бромида калия в препарате методом Фольгарда;
- выполнения расчетов в методе Фольгарда и статистической обработки экспериментальных результатов.

➤ Обобщение учебного материала модуля и осуществление контроля его усвоения (контрольная работа).

***Учебно-целевые вопросы***

1. Виды осадительного титрования (прямое, обратное).
2. Индикаторы: осадительные, металлохромные, адсорбционные.
3. Кривые титрования: расчет, построение, анализ. Влияние различных факторов на скачок титрования.
4. Аргентометрия: метод Фаянса, метод Фольгарда.

5. Тиоцианатометрическое титрование. Сущность метода.
6. Меркурометрическое титрование. Сущность метода.

### **Упражнения и задачи для самостоятельного решения**

1. Какое вещество (NaCl или KCl) было взято для анализа, если на титрование 0,2542 г его было израсходовано 30,86 см<sup>3</sup> 0,1105 моль/дм<sup>3</sup> раствора AgNO<sub>3</sub>.
2. Рассчитайте массовую долю (%) KBr в препарате, если его навеску массой 1,2550 г растворили в мерной колбе вместимостью 250,0 см<sup>3</sup>. К 15,0 см<sup>3</sup> этого раствора добавили 25,0 см<sup>3</sup> 0,0500 моль/дм<sup>3</sup> раствора нитрата ртути(I). Избыток Hg<sub>2</sub>(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> оттитровали 0,0500 моль/дм<sup>3</sup> раствором NaCl, израсходовав 15,00 см<sup>3</sup>. (Ответ: 79,02 см<sup>3</sup>).
3. Вычислите pBr при добавлении 10,00; 19,80; 20,00 см<sup>3</sup> 0,0200 моль/дм<sup>3</sup> раствора нитрата серебра к 20,00 см<sup>3</sup> раствора бромида калия.  $K_s(\text{AgBr}) = 5,3 \cdot 10^{-13}$ . (Ответ: 2,18; 4,00; 6,14).
4. Раствор нитрата серебра объемом 20,00 см<sup>3</sup> с концентрацией 0,1000 моль/дм<sup>3</sup> оттитровали стандартным раствором хлорида натрия с той же концентрацией. Рассчитайте pAg при прибавлении к титруемому раствору 19,90; 19,98; 20,00; 20,02 и 20,10 см<sup>3</sup> раствора титранта.  $K_s(\text{AgCl}) = 1,78 \cdot 10^{-10}$ . (Ответ: 3,60; 4,30; 4,88; 5,45; 6,15).

**На занятии проводится контрольная работа по теме: «Титриметрический анализ».**

### **Содержание контрольной работы «Титриметрические методы анализа»**

#### **1. Химические титриметрические методы анализа**

Основные понятия: аликвота, титранты, титрование, точка эквивалентности, конечная точка титрования, индикатор, кривая титрования, скачок титрования, степень оттитрованности. Требования, предъявляемые к реакциям в титриметрии. Реагенты, применяемые в титриметрическом анализе: стандартные вещества, титранты.

Способы выражения концентраций в титриметрическом анализе: молярная концентрация, молярная концентрация эквивалента, титр, титриметрический фактор пересчета (титр по определяемому веществу), поправочный коэффициент. Классификация методов титриметрического анализа: кислотно-основное, окислительно-восстановительное, осадительное, комплексиметрическое и комплексонометрическое титрование. Способы титрования: прямое, обратное, косвенное. Способы определения: отдельных навесок, аликвотных частей.

Методы установления конечной точки титрования: визуальные, инструментальные.

#### **2. Кислотно-основное титрование**

Сущность метода. Основная реакция метода. Применяемые титранты. Стандартные вещества: тетраборат натрия, карбонат натрия, щавелевая кислота. Виды кислотно-основного титрования: ацидиметрия и алкалиметрия.

Индикаторы кислотно-основного титрования. Требования, предъявляемые к индикаторам. Ионная, хромофорная и ионно-хромофорная теории индикаторов. Интервал изменения окраски, показатель титрования (pK и pT) индикаторов.

Кривые кислотно-основного титрования. Расчет, построение и анализ кривых титрования сильной и слабой кислоты сильным основанием, сильного и слабого основания сильной кислотой. Скачок титрования и его зависимость от концентрации и природы реагирующих веществ. Выбор индикатора по кривой титрования. Кривые титрования фосфорной и угольной кислот. Ошибки кислотно-основного титрования, их расчет и устранение.

Определение сильных кислот и оснований в растворах. Определение массы щелочей, карбонатов, гидрокарбонатов, щелочи и карбоната при совместном присутствии в растворе. Определение аммиака в солях аммония методом обратного титрования.

### **3. Окислительно-восстановительное титрование**

Сущность метода окислительно-восстановительного титрования. Окислительно-восстановительный потенциал и его зависимость от природы веществ, рН среды, концентрации, температуры. Молярная масса эквивалента окислителей и восстановителей. Требования к реакциям, применяемым в методах окислительно-восстановительного титрования. Константа равновесия окислительно-восстановительной реакции, ее связь со стандартными потенциалами окислительно-восстановительной пары. Каталитические и автокаталитические реакции.

Классификация окислительно-восстановительных методов. Индикаторы окислительно-восстановительного титрования, их классификация и механизм действия. Интервал изменения окраски индикатора.

Кривые окислительно-восстановительного титрования: расчет, построение, анализ. Выбор индикатора на основании анализа кривой титрования.

Перманганатометрическое титрование. Сущность и основное уравнение метода. Условия проведения титрования (рН, температура). Определение конечной точки титрования. Титрант, его приготовление, стандартизация. Применение перманганатометрии для определения – железа(II), пероксида водорода, нитрита натрия.

Иодометрическое титрование для определения восстановителей прямым титрованием. Сущность метода, основное уравнение реакции. Титрант (стандартный раствор йода), его приготовление, стандартизация, хранение. Условия проведения титрования, определение конечной точки титрования. Применение метода.

Иодиметрическое титрование для определения окислителей заместительным титрованием. Сущность метода. Титрант (стандартный раствор тиосульфата натрия), его приготовление, стандартизация, хранение. Условия проведения титрования, определение конечной точки титрования. Применение метода для определения содержания меди(II).

Броматометрическое титрование. Сущность метода. Титрант метода, его приготовление, стандартизация. Условия проведения титрования, определение конечной точки титрования. Применение броматометрии.

Бромид-броматометрическое титрование. Сущность метода. Титрант метода, его приготовление. Определение салицилата натрия.

Нитритометрическое титрование. Сущность метода, основное уравнение реакции. Титрант, его приготовление и стандартизация. Определение конечной точки титрования: внешние и внутренние индикаторы. Определение органических лекарственных веществ, содержащих аминогруппу. Определение белого стрептоцида.

#### **4. Комплексиметрическое титрование**

Сущность метода. Требования к реакциям в комплексиметрии. Комплексонометрическое титрование. Комплексоны. Равновесия в водных растворах ЭДТА. Комплексоны металлов. Состав и устойчивость комплексонов металлов.

Кривые комплексонометрического титрования, их расчет, построение, анализ. Влияние различных факторов на скачок на кривой титрования: устойчивость комплексонов, концентрация ионов металла, рН раствора.

Металлохромные индикаторы, механизм их действия. Требования к металлохромным индикаторам. Интервал изменения окраски индикаторов. Примеры металлохромных индикаторов: эриохром черный Т, мурексид, ксиленоловый оранжевый. Выбор металлохромных индикаторов. Титрант метода, его приготовление и стандартизация. Способы комплексонометрического титрования: прямое, обратное, заместительное. Применение комплексонометрии для определения солей кальция, магния, свинца.

Меркуриметрическое титрование. Титрант метода, его приготовление и стандартизация. Индикаторы метода. Применение меркуриметрического титрования для определения галогенидов.

#### **5. Осадительное титрование**

Сущность метода. Требования к реакциям, применяемым в осадительном титровании. Классификация методов осадительного титрования.

Кривые осадительного титрования, их расчет, построение, анализ. Влияние различных факторов на скачок титрования: концентрация растворов реагентов, растворимость осадка.

Индикаторы метода осадительного титрования: осадительные, металлохромные, адсорбционные. Механизм их действия и условия применения.

Аргентометрическое титрование. Титрант метода, его приготовление и стандартизация. Метод Мора. Индикатор. Определение хлоридов и бромидов. Метод Фаянса. Индикаторы. Определение галогенид-ионов. Метод Фольгарда. Титранты. Индикаторы. Примеры определений.

#### **6. Типы расчетных задач**

Расчет точек кривых:

– кислотно-основного титрования (хлороводородной кислоты гидроксидом натрия и наоборот; уксусной кислоты гидроксидом натрия; аммиака хлороводородной кислотой); окислительно-восстановительного титрования; комплексонометрического титрования; осадительного титрования.

Расчеты: по приготовлению растворов стандартных (установочных) веществ, титрантов; концентрации титранта при его стандартизации; массы и массовой доли определяемого вещества по результатам прямого, обратного и косвенного титрования.

## **Модуль 6. ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ АНАЛИЗА. ОПТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ АНАЛИЗА, ПРИМЕНЕНИЕ В ФАРМАЦИИ**

### **Цели модуля:**

- Формирование представления о значимости оптических методов анализа для фармации.
- Изучение:
  - основных теорий, законов, понятий и методов физико-химических методов анализа;
  - теоретических основ оптических методов анализа.
- Формирование умений
  - выполнения анализа различных веществ методом фотоэлектроколориметрии;
  - построения и анализа калибровочных графиков;
  - выполнения расчетов в методах оптического анализа.

### **Темы занятий модуля**

**Занятие № 1.** Общая характеристика физико-химических методов анализа, их классификация, достоинства и недостатки. Фотоэлектроколориметрическое определение массы железа(III) в растворе

**Занятие № 2.** Оптические методы анализа. Определение массы железа(III) в растворе методом дифференциальной фотометрии

**Занятие № 3.** Определение концентрации хлорид-ионов турбидиметрическим методом. Защита модуля «Оптические методы анализа»

**Опорные знания:** При изучении модуля студенты опираются на знания, приобретенные при изучении курса общей и неорганической химии, модулей качественного химического анализа и количественного метода анализа:

- основные понятия и стехиометрические законы химии;
- периодический закон и периодическая система химических элементов Д.И. Менделеева;
- важнейшие классы неорганических и органических соединений;
- электролитическая диссоциация, ионные уравнения;
- основные термодинамические и кинетические закономерности протекания химических реакций;
- количественная характеристика растворов;
- основы качественного химического анализа
- чувствительность аналитических реакций;
- равновесие в гетерогенных системах раствор-осадок малорастворимого электролита;
- кислотно-основные равновесия;
- равновесия в растворах комплексных соединений;
- статистическая обработка экспериментальных результатов.

## Литература

### Основная:

1. Харитонов Ю.А. Аналитическая химия (аналитика). В 2-х кн. Издание 3-е – М.: Высшая школа, 2005. – 615 с.
2. Харитонов Ю.Я. Григорьева В.Ю. Аналитическая химия. Практикум. – ГЭОТАР-Медиа, 2007. – 304 с.
3. Лурье Ю.Ю. Справочник по аналитической химии. – Химия, 1989. – 448 с.

### Дополнительная:

4. Золотов Ю.А., Дорохова Е.Н., Фадеева В.И. и др. Основы аналитической химии. Кн. . Под ред. Ю.А. Золотова. – М.: Высшая школа, 2000, – 351 с.
5. Основы аналитической химии. Практическое руководство: Учебное пособие для вузов. Под ред. Ю.А. Золотова. – М.: Высшая школа, 2001.
6. Практикум по аналитической химии: Учеб.пособие для вузов / В.П. Васильев, Р.П. Морозова, Л.А. Кочергина; под ред. В.П. Васильева. – М.: Химия, 2000.– 328 с.
7. Практикум по аналитической химии и физико-химическим методам анализа: Учеб.пособие/ И.В. Тикунов, Н.А. Шаповалов, А.И. Артеменко. – М.: Высш. шк., 2006. – 208 с.
8. Лекции.

### Список сайтов по химии:

1. Химия и жизнь–XXI век: научно-популярный журнал. <http://www.hij.ru>
2. Alhimik.<http://www.alhimik.ru>
3. Химия для всех. Электронный справочник за полный курс химии. <http://www.informika.ru/text/database/chemy/START.html>

## ЗАНЯТИЕ № 1

**Тема: Общая характеристика физико-химических методов анализа, их классификация, достоинства и недостатки. Фотоэлектроколориметрическое определение массы железа(III) в растворе**

### *Цели занятия:*

- Формирование представления о значимости и применении фотометрического метода анализа для фармации.
- Изучение:
  - основных теоретических основ физико-химических методов анализа;
  - основных закономерностей и понятий фотометрических измерений.
- Формирование умений:
  - определения веществ в растворе методом фотоэлектроколориметрии;
  - построения и анализа калибровочных графиков;
  - выполнения расчетов экспериментальных данных.

### Учебно-целевые вопросы

1. Классификация оптических методов анализа: а) по характеру взаимодействия электромагнитного излучения с веществом; б) по используемой области спектра.
2. Молекулярный спектральный анализ в ультрафиолетовой и видимой области спектра. Основной закон светопоглощения – закон Бугера-Ламберта-Бера. Оптическая плотность и светопропускание. Коэффициент поглощения: молярный и удельный.
3. Электронные спектры погашения. Особенности электронных спектров поглощения органических и неорганических веществ.
4. Методы абсорбционного анализа: колориметрия, фотометрия, фотоэлектроколориметрия, их сущность. Методы колориметрии: метод стандартных серий, метод уравнивания окрасок, метод разбавления.
5. Количественный фотометрический анализ. Условия фотометрических определений: фотометрическая реакция, аналитическая длина волны, концентрация раствора, толщина поглощающего слоя, раствор сравнения.
6. Устройство и принцип работы фотоэлектроколориметра.
7. Методы определения концентрации анализируемого вещества: метод градуировочного графика, метод одного стандарта, метод добавок стандарта, по молярному (или удельному) коэффициенту погашения.

### Задачи для самостоятельного решения

1. Оптическая плотность раствора при некоторой длине волны найдена равной 0,562. Рассчитайте пропускание того же раствора. (*Ответ:* 27,41%).
2. Пропускание раствора при некоторой длине волны найдено равным 50,85%. Вычислите оптическую плотность того же раствора. (*Ответ:* 0,294).
3. Молярный коэффициент погашения серебра (I) в комплексе с дитизоном в растворе при длине волны 462 нм равен  $\epsilon = 30500 \text{ л} \cdot \text{моль}^{-1} \cdot \text{см}^{-1}$ . Рассчитайте минимальную концентрацию в моль/л комплекса серебра (I) с дитизоном, которую можно определить фотометрическим методом. Толщина поглощающего слоя  $l=1 \text{ см}$ . (*Ответ:*  $3,28 \cdot 10^{-7}$  моль/л).
4. Удельный показатель погашения комплекса железа(II) с 1,10-фенантролином в растворе в пересчете на катионы железа(II) равен 1988 при длине волны 508 нм. Рассчитайте наименьшую концентрацию в моль/л указанного комплекса, определяемую фотометрически. Толщина поглощающего слоя  $l=1 \text{ см}$ . (*Ответ:*  $9 \cdot 10^{-7}$  моль/л).
5. Навеску перманганата калия 0,11471 г растворили в дистиллированной воде в мерной колбе вместимостью 5 л. При 350 нм оптическая плотность полученного раствора равна 0,736. Толщина поглощающего слоя  $l=1 \text{ см}$ . Рассчитайте молярный и удельный коэффициенты погашения раствора перманганата калия при указанной длине волны. (*Ответ:* 3952; 250).



## ЗАНЯТИЕ № 2

### Тема: Оптические методы анализа. Определение массы железа(III) в растворе методом дифференциальной фотометрии

#### *Цели занятия:*

- Формирование представления о значимости дифференциальной фотоэлектродколориметрии для фармацевтического анализа.
- Изучение теоретических основ спектрофотометрического и флуориметрического анализов.
- Формирование умений:
  - определения веществ в растворе методом дифференциальной фотоэлектродколориметрии;
  - построения и анализа калибровочных графиков в методе дифференциальной фотоэлектродколориметрии;
  - выполнения расчетов экспериментальных данных.

#### *Учебно-целевые вопросы*

1. Дифференциальный фотоэлектродколориметрический анализ. Сущность метода. Способы определения концентраций: метод градуировочного графика, расчетный метод.
2. Аддитивность оптической плотности. Определение нескольких веществ фотоэлектродколориметрическим методом при их совместном присутствии в растворе.
3. Сущность метода спектрофотометрии. Основные отличительные особенности метода в сравнении с фотоэлектродколориметрией.
4. Понятие о фотометрическом титровании. Виды кривых фотометрического титрования.
5. Механизм возникновения люминесценции, ее виды.
6. Сущность закона Стокса-Ломмеля, правила Левшина.
7. Квантовый и энергетический выход люминесценции. Закон Вавилова для фотолюминесценции. Количественный флуориметрический анализ.

#### *Задачи для самостоятельного решения*

1. Какова концентрация никеля (II) в растворе, если при определении его с диметилглиоксимом оптическая плотность исследуемого раствора в кювете с  $l = 2$  см равна 0,352, а стандартный раствор, содержащий 0,1 мкг/мл никеля (II), имеет оптическую плотность 0,270 при измерении в той же кювете и при той же длине волны 470 нм? (*Ответ:* 0,13 мкг/мл).
2. Максимум поглощения спиртового раствора витамина  $D_2$  (кальциферол,  $M = 392$  г/моль) лежит при 264 нм, молярный коэффициент погашения равен 18200. Какой интервал концентраций (г/л) можно использовать для анализа, если желательно, чтобы оптическая плотность растворов лежала в пределах 0,400–0,900 при толщине слоя 1 см?
3. Навеску резорцина массой 0,1000 г растворили в мерной колбе на 250,0 мл. Затем мерной пипеткой отобрали 20,0 мл полученного раствора и перенесли в мерную колбу на 200,0 мл и разбавили дистиллированной водой до метки. Этот раствор фотометрировали на спектрофотометре при  $\lambda = 273$  нм в кювете

те с толщиной 1 см. Значение оптической плотности раствора равно 0,64. Найти содержание резорцина в пробе ( $E^{1\%}$ (резорцина) = 180).

(*Ответ:* 88,89%).

4. При анализе раствора тиамин показание флуориметра составляет 0,38, а контрольного раствора – 0,06. Чему равна концентрация раствора тиамин, если при флуориметрировании его стандартного раствора с содержанием тиамин 1 мкг/см<sup>3</sup> показания флуориметра составило 0,68, а контрольного раствора – 0,04? (*Ответ:* 0,5 мкг/см<sup>3</sup>).
5. Регламентируемое содержание витамина В<sub>12</sub> в растворе для инъекций составляет 0,18–0,22 мг/мл. Для анализа взяли 1 мл раствора витамина В<sub>12</sub> для инъекций, прибавили 9 мл воды, измерили оптическую плотность на спектрофотометре при длине волны 361 нм в кювете с толщиной 1 см и нашли  $A = 0,393$ . Рассчитайте содержание витамина в мг/мл в исходном растворе для инъекций, если его удельный показатель погашения равен 207. Укладывается ли найденное содержание витамина в границы регламентируемого интервала? (*Ответ:* 0,19 мг/мл; укладывается).

**На занятии проводится тестовый контроль по теме: «Оптические методы анализа».**

### **ЗАНЯТИЕ № 3**

**Тема: Определение концентрации хлорид-ионов турбидиметрическим методом.**

**Защита модуля «Оптические методы анализа»**

**Цели занятия:**

- Формирование представления о применении турбидиметрического метода в фармацевтическом анализе.
- Изучение основных теоретических основ турбидиметрического анализа.
- Формирование умений:
  - определения суспензий турбидиметрическим методом;
  - выполнения расчетов экспериментальных данных.
- Обобщение учебного материала модуля и осуществление контроля его усвоения (защита модуля).

**Учебно-целевые вопросы**

1. В чем сущность нефелометрического и турбидиметрического методов?
2. Приведите основной закон светорассеяния (уравнение Рэлея). Охарактеризуйте величины, входящие в это уравнение.
3. Что характеризует молярный коэффициент мутности?
4. Для анализа каких суспензий используют турбидиметрический и нефелометрический методы анализа?
5. Какие приборы используют для проведения нефелометрического и турбидиметрического анализов? Охарактеризуйте принцип их действия.

### ***Упражнения и задачи для самостоятельного решения***

1. Какой свет рассеивается в наибольшей степени частицами, находящимися в растворе во взвешенном состоянии: а) красный; б) желтый; в) зеленый; г) синий.
2. Какой светофильтр надо использовать для турбидиметрического определения монодисперсной коллоидной системы с размерами частиц 400 нм, если полоса пропускания светофильтров имеет следующие параметры: фиолетовый 400-450; синий 450-480; зеленый 500-560; желтый 575-590; красный 625-700 нм?
3. С какой целью при приготовлении суспензии в рабочие растворы вводят стабилизирующие агенты? Какое вещество используют для стабилизации суспензии AgCl?

***На занятии проводится защита модуля по теме: «Оптические методы анализа».***

### **Содержание защиты модуля «Оптические методы анализа»**

#### ***Теоретические вопросы***

1. Оптические методы анализа. Классификация оптических методов анализа: по изучаемым объектам, по характеру взаимодействия электромагнитного излучения с веществом, по используемой области электромагнитного спектра, по природе энергетических переходов.
2. Молекулярный спектральный анализ в ультрафиолетовой и видимой области спектра. Основной закон светопоглощения – закон Бугера–Ламберта–Бера. Оптическая плотность и светопропускание. Коэффициент погашения: молярный и удельный.
3. Понятие о происхождении электронных спектров поглощения: особенности электронных спектров поглощения органических и неорганических соединений.
4. Методы абсорбционного анализа: колориметрия, фотометрия, их сущность.
5. Методы абсорбционного анализа: фотоэлектродиметрия, спектрофотометрия, их сущность.
6. Методы колориметрии: метод стандартных серий, метод уравнивания окрасок, метод разбавления.
7. Условия фотометрических определений: фотометрическая реакция, аналитическая длина волны, концентрация раствора, толщина поглощающего слоя, раствор сравнения.
8. Методы определения концентрации анализируемого вещества: метод градуировочного графика, метод одного стандарта, метод добавок стандарта, по молярному (или удельному) коэффициенту погашения.
9. Дифференциальный фотоэлектродиметрический анализ. Сущность метода. Способы определения концентраций: метод градуировочного графика, расчетный метод.
10. Количественный фотометрический анализ. Аддитивность оптической плотности.

11. Определение нескольких веществ фотоэлектроколориметрическим методом при их совместном присутствии в растворе.
12. Люминесцентный анализ. Механизм возникновения люминесценции, ее виды.
13. Сущность закона Стокса-Ломмеля, правила Левшина.
14. Квантовый и энергетический выход люминесценции. Закон Вавилова для люминесценции.
15. Количественный флуориметрический анализ.

**Типы расчетных задач:**

Расчет: оптической плотности, молярного и удельного коэффициентов погашения; минимальной концентрации вещества в растворе, определяемой фотометрическими методами; по методу одного стандарта;

## **Модуль 6. ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ АНАЛИЗА. ХРОМАТОГРАФИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ АНАЛИЗА, ПРИМЕНЕНИЕ В ФАРМАЦИИ**

**Цели модуля:**

- Формирование представления о значимости методов хроматографического анализа для фармации.
- Изучение основных теорий, законов, понятий и методов хроматографического анализа.
- Формирование умений:
  - экспериментального определения веществ методами хроматографического анализа;
  - выполнения расчетов в хроматографическом анализе.

**Темы занятий модуля**

**Занятие № 1.** Тонкослойная хроматография. Разделение смеси аминокислот методом тонкослойной хроматографии

**Занятие № 2.** Ионнообменная хроматография. Разделение борной кислоты и сульфата никеля(II) с последующим количественным определением

**Занятие № 3.** Бумажная хроматография. Разделение катионов методом бумажной хроматографии. Защита модуля «Хроматографические методы анализа»

**Опорные знания:** При изучении модуля студенты опираются на знания, приобретенные при изучении курса общей и неорганической химии, модулей качественного химического анализа и титриметрических методов анализа:

- основные понятия и стехиометрические законы химии;
- периодический закон и периодическая система химических элементов Д.И. Менделеева;
- важнейшие классы неорганических и органических соединений;
- электролитическая диссоциация, ионные уравнения;

- основные термодинамические и кинетические закономерности протекания химических реакций;
- количественная характеристика растворов;
- основы качественного химического анализа
- чувствительность аналитических реакций;
- равновесие в гетерогенных системах раствор-осадок малорастворимого электролита;
- кислотно-основные равновесия;
- равновесия в растворах комплексных соединений;
- статистическая обработка экспериментальных результатов.

## **ЗАНЯТИЕ № 1**

### **Тема: Тонкослойная хроматография. Разделение смеси аминокислот методом тонкослойной хроматографии**

#### *Цели занятия:*

- Формирование представления о применении тонкослойной хроматографии в фармацевтическом анализе.
- Изучение теоретических основ тонкослойной хроматографии.
- Формирование умений:
  - экспериментального разделения смеси аминокислот в растворе методом тонкослойной хроматографии;
  - выполнения расчетов в тонкослойной хроматографии.

#### *Учебно-целевые вопросы*

1. Хроматография. Сущность метода.
2. Классификация хроматографических методов анализа: по механизму разделения веществ, по агрегатному состоянию контактирующих фаз, по технике эксперимента.
3. Адсорбционная хроматография. Тонкослойная хроматография (ТСХ). Сущность метода ТСХ.
4. Коэффициент подвижности. Адсорбенты и растворители, применяемые в методе ТСХ.
5. Газовая (газоадсорбционная и газожидкостная хроматография). Сущность метода. Понятие о теории метода.
6. Параметры удерживания. Параметры разделения (степень разделения, коэффициент разделения, число теоретических тарелок). Практика метода.
7. Методы количественной обработки хроматограмм (абсолютной калибровки, внутренней нормализации, внутреннего стандарта).

#### *Задачи для самостоятельного решения*

1. Рассчитайте  $R_f$  при разделении компонентов методом ТСХ по следующим данным: расстояние от стартовой линии до центра пятна первого компонента 3 см, до центра пятна второго компонента 8 см, до центра пятна третьего компонента 11 см. Расстояние от стартовой линии до фронта растворителя 15 см. (Ответ:  $R_{f1} = 0,2$ ;  $R_{f2} = 0,53$ ;  $R_{f3} = 0,73$ ).

2. Рассчитайте  $R_f$  и  $R_S$  для аланина по следующим данным хроматографического разделения: расстояние от линии старта до линии финиша составляет 50 мм, расстояние от линии старта до середины пятна аланина – 45 мм, расстояние от линии старта до центра пятна стандартного вещества – 46 мм. (Ответ: 0,90; 0,98)
3. При определении фурфурола в смеси методом газовой хроматографии площадь его пика сравнивали с площадью пика *o*-ксилола, который вводили в качестве стандарта. При этом были получены площади пиков: для стандартного образца, содержащего 25% фурфурола,  $S(o\text{-ксилола}) = 25 \text{ мм}^2$ ,  $S(\text{фурфурола}) = 11 \text{ мм}^2$ ; для исследуемого образца  $S(o\text{-ксилола}) = 22 \text{ мм}^2$ ,  $S(\text{фурфурола}) = 18,5 \text{ мм}^2$ . Определите содержание фурфурола в исследуемом образце. Принять калибровочный коэффициент равным единице для обоих компонентов. (Ответ: 47,5%).
4. Реакционную смесь, образовавшуюся после нитрования толуола, проанализировали методом ГЖХ с применением этилбензола в качестве внутреннего стандарта. Определите массовую долю толуола по следующим данным:  $m(\text{смеси}) = 12,7500 \text{ г}$ ,  $m(\text{этилбензола}) = 1,2530 \text{ г}$ ,  $S(\text{толуола}) = 307 \text{ мм}^2$ ,  $k(\text{толуола}) = 1,01$ ,  $S(\text{этилбензола}) = 352 \text{ мм}^2$ ,  $k(\text{этилбензола}) = 1,02$ . (Ответ: 8,49%)
5. Чистый диоксид углерода(II) дал на хроматограмме пик высотой 15 см, имеющий ширину на половине высоты 2,8 см. При анализе образца диоксида углерода соответствует пик высотой 7 см, имеющий ширину 1,6 см. Определить массовую долю диоксида углерода в образце.

## **ЗАНЯТИЕ № 2**

### **Тема: Ионнообменная хроматография. Разделение борной кислоты и сульфата никеля(II) с последующим количественным определением**

#### **Цели занятия:**

- Формирование представления о применении ионообменной хроматографии в фармацевтическом анализе.
- Изучение теоретических основ ионообменной хроматографии.
- Формирование умений:
  - экспериментального количественного определения борной кислоты и сульфата никеля(II) в растворе методом ионообменной хроматографии;
  - выполнения расчетов в ионообменной хроматографии.

#### **Учебно-целевые вопросы**

1. Сущность ионообменной хроматографии.
2. Типы ионитов. Какие функциональные группы они содержат?
3. Емкость ионитов.
4. Процессы обмена и регенерации катионита КУ-2.
5. Методы ионообменной хроматографии.
6. Применение ионообменной хроматографии в фармации.

### ***Задачи для самостоятельного решения***

1. Через катионит пропустили  $50,00 \text{ см}^3$  раствора, содержащего растворимые сульфаты. На титрование раствора серной кислоты, полученного в результате ионного обмена, пошло  $25,80 \text{ см}^3$  раствора KOH ( $t(\text{KOH}/\text{SO}_4^{2-}) = 0,004802 \text{ г/см}^3$ ). Вычислите массу сульфат-ионов в исходном растворе.  
(*Ответ: 0,1239 г*)
2. К 100 мл 0,1 М соляной кислоты добавили 5 г катионита в  $\text{Na}^+$ -форме. После установления равновесия концентрация ионов водорода уменьшилась до 0,0015 моль. Определите статическую емкость для ионов водорода.  
(*Ответ: 1,7 ммоль-экв/г*).
3. Для определения динамической емкости катионита через колонку, содержащую 5 г катионита, пропустили 500 мл 0,05 н. раствора хлорида кальция. При определении кальция в элюате в порциях по 50 мл были получены следующие значения концентраций: 0,003; 0,0078; 0,015; 0,025; 0,040; 0,050 и 0,050. Определите динамическую емкость катионита по кальцию.  
(*Ответ: 1,59 ммоль-экв/г*).
4. При определении натрия в анализируемом образце соли натрия применили сильноокислотный катионит КУ-2 в Н-форме. Навеску образца NaCl массой 1,0004 г растворили в воде в мерной колбе вместимостью 100,0 мл, объем раствора довели водой до метки и получили анализируемый раствор. Аликвотную долю анализируемого раствора объемом 10,00 мл пропустили через хроматографическую колонку с катионитом в Н-форме и после промывания колонки водой собранный элюат оттитровали раствором гидроксида калия с молярной концентрацией 0,1002 моль/л, затратив при этом 17,08 мл раствора титранта. Рассчитайте массовую долю натрия в анализируемом образце.

***На занятии проводится тестовый контроль по теме: «Хроматографические методы анализа».***

### **ЗАНЯТИЕ № 3**

**Тема: Бумажная хроматография. Разделение катионов методом бумажной хроматографии.**

**Защита модуля «Хроматографические методы анализа»**

#### ***Цели занятия:***

- Изучение основных закономерностей, лежащих в основе метода бумажной хроматографии.
- Формирование умений:
  - Экспериментального разделения катионов методом бумажной хроматографии;
  - выполнения расчетов в методе бумажной хроматографии.
- Обобщение учебного материала модуля и осуществление контроля его усвоения (защита модуля).

### **Учебно-целевые вопросы**

1. Охарактеризуйте бумажную хроматографию как разновидность распределительной хроматографии.
2. Требования, предъявляемые к бумаге, используемой в бумажной хроматографии?
3. Как «проявляют» хроматограмму, полученную при хроматографировании смесей неокрашенных веществ?
4. Количественная оценка способности различных веществ к разделению на бумаге?
5. Показатель  $R_f$ , его физический смысл. Факторы, влияющие на величину  $R_f$ .
6. Восходящие, нисходящие и круговые хроматограммы, полученные при хроматографировании веществ на бумаге. Их характеристики.
7. Достоинства и недостатки бумажной хроматографии.

### **Упражнения и задачи для самостоятельного решения**

1. Значения  $R_f$  при хроматографическом разделении ионов на бумаге в среде бутанола, насыщенного 2 М раствором HCl составляют: Cd – 0,6; Zn – 0,6; Bi – 0,5; Al – 0,1; Ca – 0,0. Какие из ионов не могут быть четко идентифицированы из смеси: а) Zn, Al, Co; б) Cd, Zn, Co; в) Bi, Al, Co? Почему?
2. При разделении смеси катионов меди(II), марганца(II) и железа(III), содержащихся в анализируемом растворе, методом бумажной хроматографии с использованием в качестве подвижной фазы ацетона, насыщенного HCl, получены следующие значения коэффициентов подвижности:  $R_f(\text{Cu}^{2+}) = 0,74$ ;  $R_f(\text{Mn}^{2+}) = 0,32$ ;  $R_f(\text{Fe}^{3+}) = 0,97$ . Для катиона  $\text{Co}^{2+}$ , используемого в качестве стандарта в тех же условиях, получено:  $R_f(\text{ст}) = R_f(\text{Co}^{2+}) = 0,54$ . Вычислите относительные коэффициенты подвижности для указанных трех катионов: (Ответ:  $R_s(\text{Cu}^{2+}) = 1,37$ ;  $R_s(\text{Mn}^{2+}) = 0,59$ ;  $R_s(\text{Fe}^{3+}) = 1,80$ )

**На занятии проводится защита модуля по теме: «Хроматографические методы анализа».**

### **Содержание защиты модуля «Хроматографические методы анализа»**

#### **Теоретические вопросы**

1. Хроматографические методы анализа. Сущность, классификация: по механизму разделения веществ, по агрегатному состоянию фаз,
2. Хроматографические методы анализа. Сущность, классификация: по технике эксперимента, по способу относительного перемещения фаз.
3. Газовая хроматография: газожидкостная и газоадсорбционная хроматография. Сущность метода.
4. Газовая хроматография. Понятие о теории метода. Параметры удерживания.
5. Газовая хроматография. Параметры разделения: степень разделения, коэффициент разделения, число теоретических тарелок.
6. Газовая хроматография. Методы количественной обработки хроматограмм: абсолютной калибровки, внутренней нормализации, внутреннего стандарта.
7. Применение газожидкостной хроматографии. Достоинства и недостатки методов газовой хроматографии



8. Распределительная хроматография. Бумажная хроматография. Осадочная хроматография.
9. Понятие о ситовой хроматографии. Гель-хроматография.
10. Адсорбционная хроматография. Тонкослойная хроматография (ТСХ). Сущность метода.
11. Коэффициент подвижности, степень разделения, коэффициент разделения в ТСХ.
12. Материалы и растворители, применяемые в методе ТСХ.
13. Применение, достоинства и недостатки методов адсорбционной хроматографии.
14. Требования, предъявляемые к адсорбентам и растворителям. Приведите наиболее распространенные растворители и адсорбенты в жидкостно-адсорбционной хроматографии.
15. Приведите примеры аналитических определений методами осадочной и распределительной хроматографии на бумаге, укажите основные способы измерений при количественных определениях.
16. Применение, достоинства и недостатки тонкослойной хроматографии и осадочной хроматографии.
17. Ионообменная хроматография. Сущность метода.
18. Иониты: общая характеристика, обменная емкость, регенерация.
19. Ионообменное равновесие. Константа ионного обмена. Фактор (коэффициент) разделения. Коэффициент распределения.
20. Методы ионообменной хроматографии. Применение ионообменной хроматографии.

#### **Типы расчетных задач**

Расчет: коэффициентов подвижности и разделения; результатов ГЖХ с использованием метода внутренней инормализации; содержания вещества по результатам ГЖХ с использованием внутреннего стандарта и стандартного образца; статической и динамической.

## **Модуль 7. ФИЗКО-ХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ АНАЛИЗА. ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ АНАЛИЗА, ПРИМЕНЕНИЕ В ФАРМАЦИИ**

#### ***Цели модуля:***

- Формирование представления о значимости методов электрохимического анализа для фармации.
- Изучение основных теорий, законов, понятий и методов электрохимического анализа.
- Формирование умений:
  - экспериментального определения количества вещества методами электрохимического анализа;
  - построения и анализа калибровочных графиков, используемых в электрохимическом анализе;
  - выполнения расчетов в электрохимическом анализе.

## **Темы занятий модуля**

**Занятие № 1.** Потенциометрическое титрование. Определение соляной и уксусной кислот при их совместном присутствии.

**Занятие № 2.** Кондуктометрические методы определения. Кондуктометрическое титрование.

**Занятие № 3.** Защита модуля «Электрохимические методы анализа». Защита курсовых работ

**Опорные знания:** При изучении модуля студенты опираются на знания приобретенные при изучении курса общей и неорганической химии, модулей качественного химического анализа и титриметрических методов анализа:

- основные понятия и стехиометрические законы химии;
- периодический закон и периодическая система химических элементов Д.И. Менделеева;
- важнейшие классы неорганических и органических соединений;
- электролитическая диссоциация, ионные уравнения;
- основные термодинамические и кинетические закономерности протекания химических реакций;
- количественная характеристика растворов;
- основы качественного химического анализа
- чувствительность аналитических реакций;
- равновесие в гетерогенных системах раствор-осадок малорастворимого электролита;
- кислотно-основные равновесия;
- равновесия в растворах комплексных соединений;
- статистическая обработка экспериментальных результатов.

## **ЗАНЯТИЕ № 1**

**Тема: Потенциометрическое титрование. Определение соляной и уксусной кислот при их совместном присутствии**

### ***Цели занятия:***

- Формирование представления о применении потенциометрического анализа в фармации.
- Изучение теоретических основ потенциометрического анализа.
- Формирование умений:
  - экспериментального количественного определения соляной и уксусной кислот при их совместном присутствии методом потенциометрического титрования;
  - построения и анализа кривых потенциометрического титрования;
  - выполнения расчетов в потенциометрическом анализе.

### **Учебно-целевые вопросы**

1. Потенциометрический анализ. Принцип метода.
2. Индикаторные электроды в потенциометрическом анализе. Классификация. Примеры.
3. Электроды сравнения в потенциометрическом анализе. Примеры. Принцип действия.
4. Устройство стеклянного и хлорсеребряного электродов.
5. Потенциометрическое титрование. Сущность метода.
6. Кривые потенциометрического титрования: интегральные, дифференциальные, кривые титрования по методу Грана.
7. Применение потенциометрического титрования.

### **Задачи для самостоятельного решения**

1. Рассчитайте потенциал стеклянного электрода в растворе с  $\text{pH} = 5,0$  по отношению к хлорсеребряному электроду. Константа стеклянного электрода равна  $0,350 \text{ В}$ .  $\varphi^\circ(\text{AgCl}/\text{Ag}) = 0,222 \text{ В}$ . Составьте схему гальванического элемента. (Ответ:  $0,645 \text{ В}$ )
2. Рассчитайте потенциал водородного электрода при  $25^\circ\text{C}$  в буферном растворе, приготовленном из  $500 \text{ мл } 0,1\text{М}$  раствора  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$  и  $350 \text{ мл } 0,05\text{М}$  раствора  $\text{NaH}_2\text{PO}_4$ . (Ответ:  $-0,452 \text{ В}$ )
3. Вычислите потенциал хлорсеребряного электрода, погруженного в раствор соляной кислоты с  $\text{pH } 1,2$ . Температура опыта  $298 \text{ К}$ ,  $\varphi^\circ(\text{AgCl}, \text{KCl}/\text{Ag}) = 0,222 \text{ В}$ . Приведите схему хлорсеребряного электрода.
4. Определите активность катиона меди(II) в растворе сульфата меди(II), если электродвижущая сила гальванического элемента, составленного из индикаторного медного электрода и стандартного водородного электрода сравнения, при температуре  $25^\circ\text{C}$  равна  $+0,286 \text{ В}$ . (Ответ:  $1,00 \cdot 10^{-2}$ )

**На занятии проводится тестовый контроль по теме: «Электрохимические методы анализа».**

## **ЗАНЯТИЕ № 2**

**Тема: Кондуктометрические методы определения воды. Кондуктометрическое титрование.**

**Защита модуля «Электрохимические методы анализа»**

### **Цели занятия:**

- Формирование представления о применении кондуктометрического анализа в фармации.
- Изучение теоретических основ кондуктометрического анализа.
- Формирование умений:
  - экспериментального определения методом прямой кондуктометрии;
  - построения и анализа кривых кондуктометрического титрования;
  - выполнения расчетов в кондуктометрическом анализе.
- Обобщение учебного материала модуля и осуществление контроля его усвоения (защита модуля).

### Учебно-целевые вопросы

1. Кондуктометрический анализ. Принцип метода. Основные понятия.
2. Сущность метода прямой кондуктометрии, расчетный метод, метод градуировочного графика.
3. Кондуктометрическое титрование, сущность метода. Кривые кондуктометрического титрования. Установление точки эквивалентности
4. Применение прямой кондуктометрии и кондуктометрического титрования.
5. Сущность полярографических методов анализа. Уравнение Ильковича.

### Задачи для самостоятельного решения

1. Удельная электропроводность 0,135 моль/л раствора пропионовой кислоты равна  $4,8 \cdot 10^{-2}$  См/м. Рассчитать молярную электропроводность пропионовой кислоты, константу диссоциации кислоты и рН раствора, если предельные подвижности ионов составляют при 298 К:  $\lambda^0(\text{H}^+) = 349,8$  См·см<sup>2</sup>/моль;  $\lambda^0(\text{C}_2\text{H}_5\text{COO}^-) = 37,2$  См·см<sup>2</sup>/моль.  
(Ответ:  $\lambda = 3,55$  См·см<sup>2</sup>/моль;  $K = 1,15 \cdot 10^{-5}$  моль/л; рН = 2,91)
2. Найти степень и константу диссоциации масляной кислоты, если удельная электрическая проводимость ее раствора с концентрацией 0,0156 моль/л равна  $1,81 \cdot 10^{-4}$  Ом<sup>-1</sup>·см<sup>-1</sup>. (Ответ:  $\alpha = 0,0316$ ;  $K_a = 1,61 \cdot 10^{-5}$  моль/л)
3. При титровании 50 мл соляной кислоты 2 н. раствором КОН были получены результаты:

V(КОН), мл	3,2	6,0	9,2	15,6	20,0	23,4
$\kappa$ , См <sup>-1</sup> ·см <sup>-1</sup>	3,1	2,6	1,8	1,6	2,4	2,9

Определите нормальность соляной кислоты.
4. Рассчитайте величину диффузионного тока восстановления ионов цинка на ртутном капаящем электроде в  $3 \cdot 10^{-3}$  М растворе хлорида цинка, если  $D = 7,2 \cdot 10^{-6}$ ,  $m = 3$ ,  $t = 4$ . Назовите указанные выше величины. (Ответ: 8,85 мА)
5. При полярографировании 10,0 см<sup>3</sup> раствора никотинамида получена волна высотой 38 мм. После добавления к этому раствору 1,50 см<sup>3</sup> стандартного раствора, содержащего 2,00 мг/см<sup>3</sup> никотинамида, волна увеличилась до 80,5 мм. Рассчитайте содержание препарата (мг/см<sup>3</sup>) в анализируемом растворе. (Ответ: 0,233 мг/см<sup>3</sup>)

**На занятии проводится защита модуля по теме: «Электрохимические методы анализа».**

### Содержание защиты модуля «Электрохимические методы анализа»

#### Теоретические вопросы

1. Классификация электрохимических методов анализа, основанная на учете природы источника электрической энергии в системе
2. Классификация электрохимических методов анализа по способу применения.
3. Принцип потенциометрического метода анализа. Приведите уравнение Нернста и поясните смысл входящих в него величин.
4. Электроды I и II рода. Приведите примеры.
5. Окислительно-восстановительные и мембранные электроды. Приведите примеры.

6. Определение концентрации вещества в прямой потенциометрии: метод градуировочного графика, метод стандартных добавок. Применение прямой потенциометрии.
7. Потенциометрическое титрование. Сущность метода. Кривые потенциометрического титрования: интегральные, дифференциальные, кривые титрования по методу Грана. Применение потенциометрического титрования.
8. Кондуктометрический анализ. Принцип метода. Основные понятия. Связь концентрации растворов электролитов с их электрической проводимостью.
9. Прямая кондуктометрия. Методы обработки измерений: расчетный метод и метод градуировочного графика.
10. Кондуктометрическое титрование. Принцип метода. Кривые кондуктометрического титрования.
11. Полярографический анализ. Принцип метода.
12. Полярографические кривые, потенциал полуволны, связь величины диффузионного тока с концентрацией.
13. Количественный полярографический анализ. Определение концентрации анализируемого вещества: метод градуировочного графика, метод добавок, метод стандартных серий. Применение полярографии.
14. Кулонометрический анализ. Принцип метода.
15. Прямая кулонометрия. Сущность прямой кулонометрии при постоянном потенциале.
16. Способы определения количества электричества, прошедшего через раствор, в прямой кулонометрии. Применение прямой кулонометрии.
17. Кулонометрическое титрование. Сущность метода.
18. Условия проведения кулонометрического титрования. Индикация точки эквивалентности. Применение кулонометрического титрования.

#### **Типовые расчетные задачи**

Расчет: реальных потенциалов электродов; активности ионов по результатам прямой потенциометрии; концентрации растворов по результатам потенциометрического и кондуктометрического анализа; содержания, концентрации ионов и количество электричества по результатам кулонометрического анализа.

### **ЗАНЯТИЕ № 3**

#### **Тема: Защита курсовых работ**

Курсовые работы выполняются по методическим рекомендациям кафедры.

## Приложение

**Таблица 1. Значения коэффициентов Стьюдента  
для расчета доверительных границ**

Число измерений, $n$	Степени свободы $K = n - 1$	Коэффициенты Стьюдента при значениях доверительная вероятность				
		80%	90%	95%	99%	99,9%
2	1	3,08	6,31	12,7	63,7	637
3	2	1,89	2,92	4,30	9,92	31,6
5	4	1,53	2,13	2,78	4,60	8,60
6	5	1,48	2,02	2,57	4,03	6,86
7	6	1,44	1,94	2,45	3,71	5,96
8	7	1,42	1,90	2,36	3,50	5,40
9	8	1,40	1,86	2,31	3,36	5,04
10	9	1,38	1,83	2,26	3,25	4,78
11	10	1,37	1,81	2,23	3,17	4,59
12	11	1,36	1,80	2,20	3,11	4,44
13	12	1,36	1,78	2,18	3,06	4,32
14	13	1,35	1,77	2,16	3,01	4,22
15	14	1,34	1,76	2,14	2,98	4,14
$\infty$	$\infty$	1,29	1,64	1,96	2,58	3,29

**Таблица 2. Значения Q-теста в зависимости от общего числа выполненных определений ( $n$ ) и от принятой доверительной вероятности ( $\alpha$ )**

	3	4	5	6	7	8	9	10
90%	0,94	0,76	0,64	0,56	0,51	0,47	0,44	0,41
95%	0,98	0,85	0,73	0,64	0,59	0,54	0,51	0,48
99%	0,99	0,93	0,82	0,74	0,68	0,63	0,60	0,57

**Таблица 3. Константы растворимости  $K_s^o$  малорастворимых сильных электролитов ( $t^o = 25^o\text{C}$ )**

<b>Формула вещества</b>	<b><math>K_s^o</math></b>	<b>Формула вещества</b>	<b><math>K_s^o</math></b>
Ag <sub>3</sub> AsO <sub>3</sub>	1,0·10 <sup>-17</sup>	CaSO <sub>3</sub>	3,2·10 <sup>-7</sup>
Ag <sub>3</sub> AsO <sub>4</sub>	1,0·10 <sup>-22</sup>	CdCO <sub>3</sub>	1,0·10 <sup>-12</sup>
AgBr	5,3·10 <sup>-13</sup>	Cd(OH) <sub>2</sub>	2,2·10 <sup>-14</sup>
Ag <sub>2</sub> C <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	3,5·10 <sup>-11</sup>	Ca <sub>3</sub> (AsO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>	7,6·10 <sup>-29</sup>
AgCl	1,78·10 <sup>-10</sup>	CoCO <sub>3</sub>	1,05·10 <sup>-10</sup>
Ag <sub>2</sub> CrO <sub>4</sub>	1,1·10 <sup>-12</sup>	CuI	1,1·10 <sup>-12</sup>
AgI	8,3·10 <sup>-17</sup>	Cu <sub>2</sub> [Fe(CN) <sub>6</sub> ]	1,3·10 <sup>-16</sup>
Ag <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	1,3·10 <sup>-20</sup>	MgNH <sub>4</sub> PO <sub>4</sub>	2,5·10 <sup>-13</sup>
Ag <sub>2</sub> S	6,3·10 <sup>-50</sup>	Mg(OH) <sub>2</sub>	6,0·10 <sup>-10</sup>
AuI <sub>3</sub>	1,0·10 <sup>-46</sup>	Ni(OH) <sub>2</sub>	2,0·10 <sup>-15</sup>
BaCO <sub>3</sub>	4,0·10 <sup>-10</sup>	Pb <sub>3</sub> (AsO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>	4,1·10 <sup>-36</sup>
Ba <sub>3</sub> (IO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	1,5·10 <sup>-9</sup>	PbCl <sub>2</sub>	1,6·10 <sup>-5</sup>
Ba <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>	6,0·10 <sup>-39</sup>	PbCrO <sub>4</sub>	1,8·10 <sup>-14</sup>
BaSO <sub>4</sub>	1,1·10 <sup>-10</sup>	PbI <sub>2</sub>	1,1·10 <sup>-9</sup>
Bi <sub>2</sub> (C <sub>2</sub> O <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	4,0·10 <sup>-36</sup>	Pb(IO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	2,6·10 <sup>-13</sup>
BiI <sub>3</sub>	8,1·10 <sup>-19</sup>	PbS	2,5·10 <sup>-27</sup>
Bi <sub>2</sub> S <sub>3</sub>	1,0·10 <sup>-97</sup>	PbSO <sub>4</sub>	1,6·10 <sup>-8</sup>
CaCO <sub>3</sub>	3,8·10 <sup>-9</sup>	SrCrO <sub>4</sub>	3,6·10 <sup>-5</sup>
CaC <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	2,3·10 <sup>-9</sup>	SrSO <sub>3</sub>	4,0·10 <sup>-8</sup>
CaCrO <sub>4</sub>	7,1·10 <sup>-4</sup>	SrSO <sub>4</sub>	3,2·10 <sup>-7</sup>
CaF <sub>2</sub>	4,0·10 <sup>-11</sup>	ZnCO <sub>3</sub>	1,45·10 <sup>-11</sup>
Ca <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>	2,0·10 <sup>-29</sup>	Zn <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>	9,1·10 <sup>-33</sup>
Cr(OH) <sub>3</sub>	6,3·10 <sup>-31</sup>	Tl <sub>2</sub> S	5,0·10 <sup>-21</sup>
Cu(OH) <sub>2</sub>	5,0·10 <sup>-20</sup>	Tl <sub>2</sub> SO <sub>3</sub>	6,3·10 <sup>-4</sup>
CuS	6,3·10 <sup>-36</sup>	Tl <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	4,0·10 <sup>-3</sup>
Cu <sub>2</sub> S	2,5·10 <sup>-48</sup>	Zn(OH) <sub>2</sub>	7,1·10 <sup>-18</sup>
		ZnS	1,6·10 <sup>-24</sup>

Таблица 4. Термодинамические константы ионизации кислот и оснований  
( $t^{\circ} = 25^{\circ}\text{C}$ )

<b>Кислоты</b>			
<b>Название</b>	<b>Формула</b>	<b><math>K_a</math></b>	<b><math>pK_a</math></b>
Азотистая	$\text{HNO}_2$	$6,2 \cdot 10^{-4}$	3,16
Аминоуксусная	$\text{NH}_2\text{CH}_2\text{COOH}$	$1,7 \cdot 10^{-10}$	9,77
Бензойная	$\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}$	$6,3 \cdot 10^{-5}$	4,20
Борная (орто)	$K_1$ $\text{H}_3\text{BO}_3$	$7,1 \cdot 10^{-10}$	9,15
	$K_2$	$1,8 \cdot 10^{-13}$	12,74
	$K_3$	$1,6 \cdot 10^{-14}$	13,80
Бромноватистая	$\text{HBrO}$	$2,2 \cdot 10^{-9}$	8,66
Иодноватистая	$\text{HIO}$	$2,3 \cdot 10^{-11}$	10,64
Молочная	$\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{COOH}$	$1,5 \cdot 10^{-4}$	3,83
Муравьиная	$\text{HCOOH}$	$1,8 \cdot 10^{-4}$	3,75
Мышьяковая	$K_1$ $\text{H}_3\text{AsO}_4$	$5,6 \cdot 10^{-3}$	2,25
	$K_2$	$1,7 \cdot 10^{-7}$	6,77
	$K_3$	$2,95 \cdot 10^{-12}$	11,70
Водород пероксид	$\text{H}_2\text{O}_2$	$2,0 \cdot 10^{-12}$	11,53
Пропионовая	$\text{C}_2\text{H}_5\text{COOH}$	$1,3 \cdot 10^{-5}$	4,87
Сернистая	$K_1$ $\text{H}_2\text{SO}_3$	$1,4 \cdot 10^{-2}$	1,85
	$K_2$	$6,2 \cdot 10^{-8}$	7,20
Сероводородная	$K_1$ $\text{H}_2\text{S}$	$1,0 \cdot 10^{-7}$	6,99
	$K_2$	$2,5 \cdot 10^{-13}$	12,60
Синильная	$\text{HCN}$	$5,0 \cdot 10^{-10}$	9,30
Сурьмяная	$\text{H}[\text{Sb}(\text{OH})_6]$	$4,0 \cdot 10^{-5}$	4,4
Угольная	$K_1$ $\text{CO}_2(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}$	$4,5 \cdot 10^{-7}$	6,35
	$K_2$	$4,8 \cdot 10^{-11}$	10,32
Уксусная	$\text{CH}_3\text{COOH}$	$1,74 \cdot 10^{-5}$	4,76
Фенол	$\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$	$1,00 \cdot 10^{-10}$	10,0
Фосфористая	$K_1$ $\text{H}_3\text{PO}_3$	$3,1 \cdot 10^{-2}$	1,51
	$K_2$	$1,6 \cdot 10^{-7}$	6,79
Фосфорная	$\text{H}_3\text{PO}_4$	$7,1 \cdot 10^{-3}$	2,15
	$K_1$		
	$K_2$	$6,2 \cdot 10^{-8}$	7,21
	$K_3$	$5,0 \cdot 10^{-13}$	12,30
Фтороводородная	$\text{HF}$	$6,2 \cdot 10^{-4}$	3,21
Хлорноватистая	$\text{HClO}$	$2,95 \cdot 10^{-8}$	7,53
Хлоруксусная	$\text{ClCH}_2\text{COOH}$	$1,4 \cdot 10^{-3}$	2,86
Щавелевая	$\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$	$5,6 \cdot 10^{-2}$	1,25
	$K_1$		
	$K_2$	$5,4 \cdot 10^{-5}$	4,27



Основания			
Название	Формула	$K_6$	$pK_6$
Аммиака раствор	$NH_3 + H_2O$	$1,76 \cdot 10^{-5}$	4,76
Диметиламин	$(CH_3)_2NH + H_2O$	$5,4 \cdot 10^{-4}$	3,27
Диэтиламин	$(C_2H_5)_2NH + H_2O$	$1,2 \cdot 10^{-3}$	2,91
Метиламин	$CH_3NH_2 + H_2O$	$4,6 \cdot 10^{-4}$	3,34
Пиридин	$C_5H_5N + H_2O$	$1,5 \cdot 10^{-9}$	8,82
Триметиламин	$(CH_3)_3N + H_2O$	$6,5 \cdot 10^{-5}$	4,19
Уротропин	$(CH_2)_6N_4 + H_2O$	$1,4 \cdot 10^{-9}$	8,87

Таблица 5. Стандартные окислительно-восстановительные потенциалы некоторых редокс-пар ( $t^\circ = 25^\circ C$ )

Элемент	Окисленная форма	$+ne$	Восстановленная форма	$E^\circ, V$
As	$H_3AsO_4 + 2H^+$	$+2e$	$HAsO_2 + 2H_2O$	+0,56
	$AsO_4^{3-} + 2H_2O$	$+2e$	$AsO_2^- + 4OH^-$	-0,71
Bi	$NaBiO_3 \downarrow + 4H^+$	$+2e$	$BiO^+ + Na^+ + 2H_2O$	+1,8
Br	$Br_2$	$+2e$	$2Br^-$	+1,087
	$BrO_3^- + 6H^+$	$+6e$	$2Br^- + 3H_2O$	+1,45
	$BrO_3^- + 3H_2O$	$+6e$	$Br^- + 6OH^-$	+0,61
Ce	$Ce^{4+}$	$+e$	$Ce^{3+}$	+1,74
	$[Ce(SO_4)_3]^{2-}$	$+e$	$Ce^{3+} + 3SO_4^{2-}$	+1,44
Cl	$Cl_2$	$+2e$	$2Cl^-$	+1,359
	$HClO + H^+$	$+2e$	$Cl^- + H_2O$	+1,50
	$ClO_3^- + 6H^+$	$+6e$	$Cl^- + 3H_2O$	+1,45
	$ClO_3^- + 3H_2O$	$+6e$	$Cl^- + 6OH^-$	+0,63
Cr	$Cr^{3+}$	$+e$	$Cr^{2+}$	-0,41
	$Cr_2O_7^{2-} + 14H^+$	$+6e$	$2Cr^{3+} + 7H_2O$	+1,33
Cu	$Cu^{2+} + I^-$	$+e$	$CuI \downarrow$	+0,86
Fe	$Fe^{3+}$	$+e$	$Fe^{2+}$	+0,771
	$[Fe(CN)_6]^{3-}$	$+e$	$[Fe(CN)_6]^{4-}$	+0,36
H	$2H^+$	$+2e$	$H_2 \uparrow$	0,0000
I	$I_2 \downarrow$	$+2e$	$2I^-$	+0,54
	$I_3^-$	$+2e$	$3I^-$	+0,545
	$2ICl$	$+2e$	$I_2 \downarrow + 2Cl^-$	+1,19
	$HIO + H^+$	$+2e$	$I^- + H_2O$	+0,99
	$IO^- + H_2O$	$+2e$	$I^- + 2OH^-$	+0,49
	$IO_3^- + 6H^+$	$+6e$	$I^- + 3H_2O$	+1,08
	$IO_3^- + 3H_2O$	$+6e$	$I^- + 6OH^-$	+0,26

Элемент	Окисленная форма	+ne	Восстановленная форма	$E^{\circ}$ , В
<b>Mn</b>	$\text{MnO}_2\downarrow + 4\text{H}^+$	+2e	$\text{Mn}^{2+} + 2\text{H}_2\text{O}$	+1,23
	$\text{MnO}_4^-$	+e	$\text{MnO}_4^{2-}$	+0,56
	$\text{MnO}_4^- + 8\text{H}^+$	+5e	$\text{Mn}^{2+} + 4\text{H}_2\text{O}$	+1,51
	$\text{MnO}_4^- + 2\text{H}_2\text{O}$	+3e	$\text{MnO}_2\downarrow + 4\text{OH}^-$	+0,60
<b>N</b>	$\text{HNO}_2 + \text{H}^+$	+e	$\text{NO} + \text{H}_2\text{O}$	+0,98
	$\text{NO}_3^- + 3\text{H}^+$	+2e	$\text{HNO}_2 + \text{H}_2\text{O}$	+0,94
	$\text{NO}_3^- + 4\text{H}^+$	+3e	$\text{NO}\uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$	+0,96
	$\text{NO}_3^- + 6\text{H}_2\text{O}$	+8e	$\text{NH}_3\uparrow + 9\text{OH}^-$	-0,12
<b>O</b>	$\text{H}_2\text{O}_2 + 2\text{H}^+$	+ 2e	$2\text{H}_2\text{O}$	+1,77
	$\text{O}_2\uparrow + 2\text{H}^+$	+ 2e	$\text{H}_2\text{O}_2$	+0,68
<b>Pb</b>	$\text{PbO}_2\downarrow + 4\text{H}^+$	+ 2e	$\text{Pb}^{2+} + 2\text{H}_2\text{O}$	+1,455
<b>S</b>	$\text{S}_4\text{O}_6^{2-}$	+ 2e	$2\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$	+0,09
	$\text{SO}_4^{2-} + 4\text{H}^+$	+2e	$\text{H}_2\text{SO}_3 + 2\text{H}_2\text{O}$	+0,17
	$\text{SO}_4^{2-} + 10\text{H}^+$	+8e	$\text{H}_2\text{S} + 4\text{H}_2\text{O}$	+0,31
<b>Sb</b>	$\text{Sb}_2\text{O}_3\downarrow + 6\text{H}^+$	+4e	$2\text{SbO}^+ + 3\text{H}_2\text{O}$	+0,58
	$\text{SbO}_3^- + \text{H}_2\text{O}$	+2e	$\text{SbO}_2^- + 2\text{OH}^-$	-0,43
<b>Sn</b>	$\text{Sn}^{4+}$	+2e	$\text{Sn}^{2+}$	+0,15
	$[\text{Sn}(\text{OH})_6]^{2-}$	+2e	$\text{HSnO}_2^- + 3\text{OH}^- + \text{H}_2\text{O}$	-0,93
<b>Ti</b>	$\text{Ti}^{4+}$	+e	$\text{Ti}^{3+}$	+0,092
	$\text{Ti}^{3+}$	+e	$\text{Ti}^{2+}$	-0,37
<b>V</b>	$\text{V}^{3+}$	+e	$\text{V}^{2+}$	-0,255
	$\text{VO}_2^+$	+2e	$\text{VO}^{2+} + \text{H}_2\text{O}$	+0,9996

Условные обозначения:  $\downarrow$  – насыщенный раствор в присутствии твердого или жидкого вещества;  $\uparrow$  – раствор, насыщенный газом при 101,3 кПа

Таблица 6. Значения  $pM$  в точке перехода окраски некоторых индикаторов

Хромовый синий Т			Эриохром черный Т			Ксиленовый оранжевый			Мурексид		
$M$	$pH$	$pM$	$M$	$pH$	$pM$	$M$	$pH$	$pM$	$M$	$pH$	$pM$
$\text{Ca}^{2+}$	12	3,1	$\text{Ca}^{2+}$	10	3,8	$\text{Ca}^{2+}$	7	6,8	$\text{Ca}^{2+}$	12	4,0
$\text{Mg}^{2+}$	11	0,7	$\text{Mg}^{2+}$	10	5,4	$\text{Pb}^{2+}$	6	8,2	$\text{Cu}^{2+}$	8	10,2
$\text{Zn}^{2+}$	10	0,7	$\text{Zn}^{2+}$	10	11,9	$\text{Zn}^{2+}$	6	6,5	$\text{Ni}^{2+}$	9	7,2
			$\text{Ba}^{2+}$	10	2,9						

**Таблица 7. Константы устойчивости ( $\beta$ ) комплексных ионов  
( $t^{\circ} = 25^{\circ}\text{C}$ )**

Комплексный ион	$\lg\beta$	Ионная сила	Этилендиаминтетраацетатные комплексы		
			Центральный ион	$\lg\beta$	Ионная сила
$[\text{Ag}(\text{CN})_2]^{-}$	19,85	0	$\text{Al}^{3+}$	16,5	0,1
$[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^{+}$	7,23	0	$\text{Ca}^{2+}$	10,59	0,1
$[\text{Ag}(\text{S}_2\text{O}_3)]^{-}$	8,82	0	$\text{Cu}^{2+}$	18,8	0,1
$[\text{Ag}(\text{S}_2\text{O}_3)_3]^{5-}$	14,15	0	$\text{Fe}^{2+}$	14,2	0,1
$[\text{AgCl}_2]^{-}$	5,63	0	$\text{Fe}^{3+}$	24,23	0
$[\text{Al}(\text{OH})_4]^{-}$	33	0	$\text{Mg}^{2+}$	9,12	0
$[\text{AlF}_6]^{-}$	20,67	0	$\text{Pb}^{2+}$	18,04	0,1
$[\text{BiI}_6]^{3-}$	19,1	0	$\text{Sn}^{2+}$	18,3	1
$[\text{Cd}(\text{CN})_4]^{2-}$	17,11	0	$\text{Zn}^{2+}$	16,26	0,1
$[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]^{3+}$	35,21	2			
$[\text{Cr}(\text{OH})_4]^{-}$	28,6	0			
$[\text{FeF}_6]^{3-}$	16,1	0			
$[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-}$	43,9	0			
$[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}$	36,9	0			
$[\text{HgBr}_4]^{2-}$	21,0	0,5			
$[\text{Ni}(\text{CN})_5]^{3-}$	30,3	0			
$[\text{Ni}(\text{NH}_3)_6]^{2+}$	8,01	0			
$[\text{PbI}_4]^{2-}$	3,92	1			
$[\text{Zn}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$	8,7	0			
$[\text{Zn}(\text{OH})_4]^{2-}$	14,8	0			
$[\text{Zn}(\text{CN})_4]^{2-}$	19,0	0			
$[\text{Cu}(\text{SCN})_4]^{2-}$	19,02	0			
$[\text{Cd}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$	4,56	0			

**Таблица 8. Характерные свойства некоторых  
кислотно-основных индикаторов**

Индикатор	pK	Интервал перехода окраски	pT	Цвет	
				кислотная форма	основная форма
Тимоловый синий	1,6	1,2–2,8	2,0	красный	желтый
Метиловый желтый	3,1	2,9–4,0	3,0	красный	желтый
Метиловый оранжевый	3,5	3,2–4,4	4,0	красный	желтый
Бромкрезоловый зеленый	4,9	3,8–5,4	4,5	желтый	синий
Метиловый красный	5,0	4,2–6,2	5,5	красный	желтый
Бромкрезоловый пур- пурный	6,4	5,2–6,8	6,0	желтый	фиолетовый
Бромтимоловый синий	7,1	6,0–7,6	7,0	желтый	синий
Феноловый красный	8,0	6,8–8,2	7,5	желтый	красный
Тимоловый синий	9,0	8,0–9,2	8,5	желтый	синий
Фенолфталеин	8,7	8,2–10,0	9,0	бесцветный	розовый
Тимолфталеин	9,2	9,8–10,5	10,0	бесцветный	синий
Ализориновый желтый	10,07	10,1–12,0	11,0	желтый	фиолетовый

**Таблица 9. Характерные свойства некоторых  
окислительно-восстановительных индикаторов**

Индикатор	Цвет формы		E°, В при pH = 1
	восстановленной	окисленной	
Индиго-5- ионосulfокислота	бесцветный	синий	0,262
Метиленовая синяя	бесцветный	синий	0,532
Толуиленовый синий	бесцветный	синий	0,601
Дифениламин	бесцветный	фиолетовый	0,76
Дифениламинсульфонат натрия	бесцветный	синий	0,78
N-фенил-антрахиноновая кислота	бесцветный	фиолетово- красный	1,00
Ферроин	красный	голубой	1,06
Нитроферроин	красный	голубой	1,25

## Расчетные формулы

### Способы выражения концентрации растворов в аналитической химии

$$M(1/zX) = \frac{1}{z} M(X), \text{ Г/МОЛЬ}$$

$$c(X) = \frac{m(X)}{M(X) \cdot V_{\text{р-ра}}}, \text{ МОЛЬ/ДМ}^3 \quad c(1/zX) = \frac{m(X)}{M(1/zX) \cdot V_{\text{р-ра}}}, \text{ МОЛЬ/ДМ}^3$$

$$\omega\% (X) = \frac{m(X) \cdot 100\%}{m_{\text{р-ра}}} = \frac{m(X) \cdot 100\%}{V_{\text{р-ра}} \cdot \rho_{\text{р-ра}}} \quad T(X) = \frac{m(X)}{V(X)}, \text{ Г/СМ}^3$$

$$t(T/X) = \frac{m(X)}{V(T)} \quad F = \frac{c(1/zT)_{\text{пр.}}}{c(1/zT)_{\text{теор.}}} = \frac{T(T)_{\text{пр.}}}{T(T)_{\text{теор.}}} = \frac{t(T/X)_{\text{пр.}}}{t(T/X)_{\text{теор.}}}$$

$$c(X) = \frac{\omega(X) \cdot \rho \cdot 10}{M(X)} = c(1/zX) \cdot \frac{1}{z} = \frac{T(X) \cdot 1000}{M(X)}$$

$$c(1/zX) = \frac{\omega(X) \cdot \rho \cdot 10}{M(1/zX)} = \frac{c(X)}{1/z} = \frac{T(X) \cdot 1000}{M(1/zX)}$$

$$T(X) = \frac{c(X) \cdot M(X)}{1000} = \frac{c(1/zX) \cdot M(1/zX)}{1000}$$

$$t(T/X) = \frac{T(T) \cdot M(1/zX)}{M(1/zT)} = \frac{c(1/zT) \cdot M(1/zX)}{1000}$$

### Чувствительность аналитических реакций

$$V_{\text{lim}} = \frac{1}{c_{\text{min}}}, \text{ СМ}^3/\text{Г} \quad \text{p}c_{\text{min}} = -\lg c_{\text{lim}}$$

$$m_{\text{min}} = c_{\text{min}} \cdot V_{\text{min}} \cdot 10^6 = \frac{V_{\text{min}}}{V_{\text{lim}}} \cdot 10^6, \text{ МКГ}$$

$$c(X) = \frac{m_{\text{min}} \cdot 10^{-3}}{V_{\text{min}} M(X)}$$

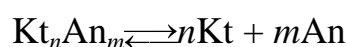
## Ионная сила и активности ионов в растворе

$$I = \frac{1}{2} \sum z_i^2 c_i \quad a(X) = \gamma(X) \cdot c(X)$$

$$\lg \gamma = -0,509 z_i^2 \sqrt{I} \quad \lg \gamma = -0,509 z_i^2 \frac{\sqrt{I}}{1 + \sqrt{I}}$$

## Равновесия в системе осадок–насыщенный раствор сильного малорастворимого электролита

$$S(X) = \frac{m(X)}{M(X) \cdot V(X)}, \text{ моль/дм}^3$$



$$K_s^0 (\text{Kt}_n \text{An}_m) = a^n(\text{Kt}) \cdot a^m(\text{An}) \quad K_s' = [\text{Kt}]^n [\text{An}]^m$$

$$K_s (\text{AB}) = S^2 \quad S = \sqrt{K_s}$$

$$K_s (\text{A}_2\text{B} \text{ или } \text{AB}_2) = 4S^3 \quad S = \sqrt[3]{\frac{K_s}{4}}$$

$$K_s (\text{A}_3\text{B} \text{ или } \text{AB}_3) = 27S^4 \quad S = \sqrt[4]{\frac{K_s}{27}}$$

$$P(X) = S(X) \cdot M(X), \text{ г/дм}^3$$

$$K_s(\text{Kt}_n \text{An}_m) = n^n \cdot m^m \cdot S^{m+n} \cdot f^n(\text{Kt}) \cdot f^m(\text{An})$$

$$K_s(\text{Kt}_n \text{An}_m) = n^n \cdot m^m \cdot S^{m+n}$$

$$S = \sqrt[m+n]{\frac{K_s(\text{Kt}_n \text{An}_m)}{m^m \cdot n^n \cdot f^n(\text{Kt}) \cdot f^m(\text{An})}}$$

$$S = \sqrt[m+n]{\frac{K_s(\text{Kt}_n \text{An}_m)}{m^m \cdot n^n}}$$

$$S' = \sqrt[n]{\frac{K_s(\text{Kt}_n \text{An}_m)}{n^n \cdot d^m \cdot f^n(\text{Kt}) \cdot f^m(\text{An})}}$$

$$S' = \sqrt[n]{\frac{K_s(\text{Kt}_n \text{An}_m)}{n^n \cdot d^m}}$$

## Кислотно-основные равновесия

### Расчет pH в растворах слабых и сильных кислот и оснований

$$K_w = a(\text{H}^+) \cdot a(\text{OH}^-)$$

$$\text{pH} = -\lg a(\text{H}^+) \quad a(\text{H}^+) = 10^{-\text{pH}}$$

$$\text{pOH} = -\lg a(\text{OH}^-) \quad a(\text{OH}^-) = 10^{-\text{pOH}}$$

$$\text{p}K_w = \text{pH} + \text{pOH}$$

$$\text{p}K_a = -\lg K_a; \quad K_a = 10^{-\text{p}K_a} \quad \text{p}K_b = -\lg K_b; \quad K_b = 10^{-\text{p}K_b}$$

$$\text{p}K_a + \text{p}K_b = 14 \quad (T = 298 \text{ K})$$

$$[\text{H}^+] = \alpha \cdot c_a = \sqrt{K_a \cdot c_a} \quad [\text{OH}^-] = \alpha \cdot c_b = \sqrt{K_b \cdot c_b}$$

$$\text{pH} = \frac{1}{2} \text{p}K_a - \frac{1}{2} \lg c_a \quad \text{pH} = 14 - \frac{1}{2} \text{p}K_b + \frac{1}{2} \lg c_b$$

### Расчет pH в буферных растворах

$$\text{pH} = \text{p}K_a + \lg \frac{c_c \cdot V_c}{c_{\text{к-ты}} \cdot V_{\text{к-ты}}}$$

$$\text{pH} = \text{p}K_a + \lg \frac{c_c \cdot V_c - c'_{\text{к-ты}} \cdot V'_{\text{к-ты}}}{c_{\text{к-ты}} \cdot V_{\text{к-ты}} + c'_{\text{к-ты}} \cdot V'_{\text{к-ты}}}$$

$$\text{pH} = \text{p}K_a + \lg \frac{c_c \cdot V_c + c'_{\text{щ}} \cdot V'_{\text{щ}}}{c_{\text{к-ты}} \cdot V_{\text{к-ты}} - c'_{\text{щ}} \cdot V'_{\text{щ}}}$$

$$\text{pH} = 14 - \text{p}K_b + \lg \frac{c_{\text{осн}} \cdot V_{\text{осн}}}{c_c \cdot V_c}$$

$$B = \frac{c(1/zX) \cdot V_{\text{к-ты (или щел.)}}}{\Delta \text{pH} \cdot V_{\text{буф. р-ра}}}$$

X – кислота или щелочь

## Расчет pH в растворах гидролизующихся солей

### Соли, гидролизующиеся по катиону

$$K_h = \frac{K_w}{K_6} \qquad h = \sqrt{\frac{K_h}{c_{\text{соли}}}}$$

$$a(\text{H}^+) = \sqrt{K_h \cdot c_{\text{соли}}} \qquad a(\text{H}^+) = h \cdot c_{\text{соли}}$$

$$\text{pH} = 7 - \frac{1}{2} \text{p}K_6 - \frac{1}{2} \lg c_{\text{соли}}$$

### Соли, гидролизующиеся по аниону

$$K_h = \frac{K_w}{K_a} \qquad h = \sqrt{\frac{K_h}{c_{\text{соли}}}}$$

$$a(\text{OH}^-) = \sqrt{K_h \cdot c_{\text{соли}}} \qquad a(\text{OH}^-) = h \cdot c_{\text{соли}}$$

$$\text{pH} = 7 + \frac{1}{2} \text{p}K_a + \frac{1}{2} \lg c_{\text{соли}}$$

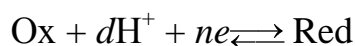
### Расчет pH в растворах кислых солей

$$\text{pH} = \frac{\text{p}K_{a2} + \text{p}K_{a1}}{2}$$

## Равновесия в окислительно-восстановительных системах



$$E(\text{Ox/Red}) = E^\circ(\text{Ox/Red}) + \frac{0,059}{n} \cdot \lg \frac{c(\text{Ox})}{c(\text{Red})}$$



$$E(\text{Ox/Red}) = E^\circ(\text{Ox/Red}) + \frac{0,059}{n} \cdot \lg \frac{c(\text{Ox})c^d(\text{H}^+)}{c(\text{Red})}$$

$$\lg K = \frac{n(E_{\text{Ox}} - E_{\text{Red}})}{0,059}$$



## Равновесия в растворах комплексных соединений

$$M + nL \rightleftharpoons ML_n$$

$$\beta^o = \frac{a(ML_n)}{a(M) \cdot a^n(L)} \quad \beta = \frac{[ML_n]}{[M][L]^n}$$

$$K_H = \frac{1}{\beta} = \frac{x^{n+1} n^n}{c} \quad [M] = x$$

$$x = n+1 \sqrt{\frac{K_H \cdot c}{n^n}} = n+1 \sqrt{\frac{c}{n^n \beta}}$$

$$K_H = \frac{1}{\beta} = \frac{x d^n}{c} \quad x = \frac{K_H \cdot c}{d^n} = \frac{c}{d^n \beta}$$

$$d = [L]$$

### Гравиметрический анализ

$$F = \frac{a}{в} \cdot \frac{M(\text{определяем ый компонент})}{M(\text{гравиметрическая форма})}$$

**Расчет навески анализируемого вещества**

$$q = \frac{a}{в} \cdot 0,5 \frac{M(A)}{M(A')} - \text{кристаллический осадок}$$

$$q = \frac{a}{в} \cdot 0,1 \frac{M(A)}{M(A')} - \text{аморфный осадок}$$

**Расчет объема раствора осадителя**

$$V(B) = 1,5 \frac{a}{в} \cdot \frac{M(B)}{M(A)} \cdot \frac{q \cdot 100 \%}{\omega(B) \cdot \rho(B)}$$

**Расчет массы определяемого вещества**

$$m(A) = m(A') \cdot F$$

**Расчет массовой доли определяемого вещества**

$$\omega(A) = \frac{m(A') \cdot F}{q} \cdot 100 \%$$

## Титриметрический анализ

### Прямое и заместительное титрование

$$c(1/zX) = \frac{c(1/zT) \cdot V(T)}{V(X)}$$

$$m(X) = \frac{c(1/zT) \cdot V(T)}{V_{\text{пробы}}(X)} \cdot M(1/zX) \cdot V_{\text{колбы}}(X)$$

$$\omega\% = \frac{c(1/zT) \cdot V(T) \cdot M(1/zX)}{m'(X)} \cdot 100\%$$

$$\frac{m(X)}{M(1/zX)} = c(1/zT) \cdot V(T)$$

### Обратное титрование

$$c(1/zX) = \frac{c(1/zT_1) \cdot V(T_1) - c(1/zT_2) \cdot V(T_2)}{V(X)}$$

$$m(X) = \frac{[c(1/zT_1) \cdot V(T_1) - c(1/zT_2) \cdot V(T_2)]}{V_{\text{пробы}}(X)} \cdot M(1/zX) \cdot V_{\text{колбы}}(X)$$

## Кислотно-основное титрование

### Титрование сильной кислоты сильным основанием

$$\text{pH} = -\lg c(X) = -\lg \frac{c'(X) \cdot V(X) - c'(T) \cdot V(T)}{V(X) + V(T)}$$

$$\text{pH} = 7$$

$$\text{pH} = 14 + \lg \frac{c'(T) \cdot V(T) - c'(X) \cdot V(X)}{V(T) + V(X)}$$

### Титрование слабой кислоты сильным основанием

$$\text{pH} = \text{p}K_a - \lg \frac{c'(X) \cdot V(X) - c'(T) \cdot V(T)}{c'(T) \cdot V(T)}$$

$$\text{pH} = 7 + 1/2(\text{p}K_a + \lg \frac{c'(X) \cdot V(X)}{V(X) + V(T)})$$

$$\text{pH} = 14 + \lg \frac{c'(T) \cdot V(T) - c'(X) \cdot V(X)}{V(T) + V(X)}$$

### Титрование слабого основания сильной кислотой

$$\text{pH} = 14 - \text{p}K_b + \lg \frac{c'(X) \cdot V(X) - c'(T) \cdot V(T)}{c'(T) \cdot V(T)}$$

$$\text{pH} = 7 - 1/2(\text{p}K_b + \lg \frac{c'(X) \cdot V(X)}{V(X) + V(T)})$$

$$\text{pH} = -\lg c(X) = -\lg \frac{c'(T) \cdot V(T) - c'(X) \cdot V(X)}{V(T) + V(X)}$$

### Окислительно-восстановительное титрование (титрант – окислитель)

$$E = E^o(X) + \frac{0,059}{n_x} \lg \frac{c(T) \cdot V(T) \cdot \frac{n(T)}{n(X)}}{c(X) \cdot V(X) - c(T) \cdot V(T) \cdot \frac{n(T)}{n(X)}}$$

$$E_{\text{т.э.}} = \frac{n(X)E^o(X) + n(T)E^o(T)}{n(X) + n(T)} + \frac{0,059}{n(X) + n(T)} \lg [H^+]^q$$

$$E = E^o(T) + \frac{0,059}{n(T)} \lg \frac{[c(T) \cdot V(T) - c(X) \cdot V(X) \cdot \frac{n(X)}{n(T)}][H^+]^q}{c(X) \cdot V(X) \cdot \frac{n(X)}{n(T)}}$$

## Осадительное титрование

$$pAn = -\lg c_x = -\lg \frac{c'(X) \cdot V(X) - c'(T) \cdot V(T)}{V(X) + V(T)}$$

$$pKt = pAn = -\lg \sqrt{K_s(KtAn)} = \frac{1}{2} pK_s(KtAn)$$

$$pAn = pK_s(KtAn) + \lg \frac{c'(T) \cdot V(T) - c'(X) \cdot V(X)}{V(T) + V(X)}$$

## Комплексонометрическое титрование

$$pM = -\lg c_x = -\lg \frac{c'(X) \cdot V(X) - c'(T) \cdot V(T)}{V(X) + V(T)}$$

$$pM = -\lg[M] = \frac{1}{2} [pc'(X) + \lg\beta(MY)]$$

$$pM = pc'(X) + \lg\beta(MY) + \lg \frac{c'(T) \cdot V(T) - c'(X) \cdot V(X)}{V(T) + V(X)}$$

## Физико-химические методы анализа

### Оптические методы анализа

$$A = \lg \frac{I_0}{I} \quad T = \frac{I}{I_0} \quad A = -\lg T$$

$$I = I_0 \cdot 10^{-\varepsilon c l} \quad A = \varepsilon \cdot c \cdot l \quad A = E^{1\%} \cdot \omega\% \cdot l \quad \varepsilon = E^{1\%} \cdot \frac{M}{10}$$

$$c(X) = \frac{A(X) \cdot c_{cm}}{A_{cm}} \quad c(X) = \frac{(I(X) - I'_0) \cdot c_{cm}}{(I_{cm} - I''_0)}$$

## Хроматографические методы анализа

$$S(X) = 1/2 \cdot a \cdot h$$

### Метод нормировки

$$\omega(X), \% = \frac{S(X)}{\sum S_i} \cdot 100\% \qquad \omega(X), \% = \frac{S(X) \cdot K(X)}{\sum S_i \cdot K_i} \cdot 100\%$$

### Метод внутреннего стандарта

$$m(X) = \frac{S(X) \cdot q_{cm}}{S_{cm} \cdot K} \qquad \omega(X), \% = \frac{m(X)}{m_{обр.}} \cdot 100$$

## Электрохимические методы анализа

### Кулонометрия

$$m = \frac{M \cdot Q}{n \cdot F} = \frac{M_{экр} \cdot I \cdot t}{F}$$

### Полярография

$$I_D = K \cdot c(X) \qquad K = 607 \cdot n \cdot D^{1/2} \cdot m^{2/3} \cdot t^{1/6}$$

$$c(X) = \frac{c_{cm} \cdot h_x}{h_{cm}}$$

$$c(X) = \frac{c_{cm} \cdot h_x}{h_{x+cm} - h_x} = \frac{c_{cm} \cdot h_x}{h_{x+cm} - h_x} \cdot \frac{V_{cm}}{(V_x + V_{cm})}$$

### Потенциометрия

$$\varphi(\text{Me}^{n+}/\text{Me}) = \varphi^\circ(\text{Me}^{n+}/\text{Me}) + \frac{0,059}{n} \lg a(\text{Me}^{n+})$$

$$\varphi(\text{Ox}/\text{Red}) = \varphi^\circ(\text{Ox}/\text{Red}) + \frac{0,059}{n} \cdot \lg \frac{a(\text{Ox})}{a(\text{Red})}$$

$$\varphi(\text{H}^+/\text{H}_2) = -0,059 \text{pH}$$

$$\varphi(\text{Cl}^-/\text{AgCl}, \text{Ag}) = \varphi^\circ(\text{Cl}^-/\text{AgCl}, \text{Ag}) - 0,059 \cdot \lg a(\text{Cl}^-)$$

$$\varphi(\text{стекл. эл-д}) = \text{const} + 0,059 \lg a(\text{H}^+) = \text{const} + 0,059 \text{pH}$$

$$E = \varphi(\text{катода}) - \varphi(\text{анода})$$

### Кондуктометрия

$$\Lambda_c = \frac{\chi}{c \cdot 1000} \qquad \Lambda_c = \lambda_{\text{к}}^\circ + \lambda_{\text{а}}^\circ \qquad \alpha = \frac{\Lambda_c}{\Lambda^\circ} \qquad K = \frac{\Lambda_c^2 \cdot c}{\Lambda^\circ (\Lambda^\circ - \Lambda_c)}$$

## Расчет индикаторных ошибок кислотно-основного титрования

$$\text{Водородная ошибка } X(\text{H}^+): X_{\text{H}^+} = \pm \frac{10^{-pT} [V(a) + V(\epsilon)]}{c(1/za) \cdot V(a)} \cdot 100 \%$$

$$\text{Гидроксидная ошибка } X(\text{OH}^-): X_{\text{OH}^-} = \pm \frac{10^{-(14-pT)} [V(a) + V(\epsilon)]}{c(1/z\epsilon) \cdot V(\epsilon)} \cdot 100 \%$$

$$\text{Кислотная ошибка } X_a: X_a = \frac{10^{pK_a - pT}}{10^{pK_a - pT} + 1} \cdot 100 \%$$

$$\text{Основная ошибка } X_\epsilon: X_\epsilon = \frac{10^{pK_\epsilon + pT - 14}}{10^{pK_\epsilon + pT - 14} + 1} \cdot 100 \%$$

## Расчет индикаторных ошибок окислительно-восстановительного титрования

$$X_{(\text{O-R})} = \frac{n(x)}{n'(x)} \cdot 100 \%$$

## Расчет индикаторных ошибок осадительного титрования

$$X_s = + \frac{n(T) \cdot 100 \%}{n'(T)} = + \frac{c(T) \cdot [V(T) + V(X)] \cdot 100 \%}{c'(T) \cdot V(T)}$$

## Расчет индикаторных ошибок комплексонометрического титрования

$$X_\beta = \frac{n(M) \cdot 100 \%}{n'(M)} = \frac{10^{-pM} \cdot [V(M) + V(T)] \cdot 100 \%}{c(M) \cdot V(M)}$$

## Содержание

Предисловие .....	3
Введение .....	4
Цели обучения студентов курсу аналитической химии .....	5
Структура и содержание курса аналитической химии фармацевтического факультета .....	6
Положение о рейтинговом контроле знаний студентов .....	7
Правила работы студентов на кафедре фундаментальной и клинической биохимии .....	9
Правила работы в аналитической лаборатории .....	9
<b>Модуль 1. Общие теоретические основы аналитической химии .....</b>	<b>11</b>
Занятие № 1. Тема: Введение в курс аналитической химии. Роль аналитической химии в системе подготовки провизора. Основные понятия, теории, законы, закономерности, лежащие в основе аналитической химии....	13
Занятие № 2. Тема: Протолитические и гетерогенные равновесия, их применение в методах аналитической химии .....	14
Занятие № 3. Тема: Окислительно-восстановительные равновесия и процессы комплексообразования, их применение в методах аналитической химии .....	16
Занятие № 4. Тема: Экстракционное равновесие и его применение в методах аналитической химии. Защита модуля «Общие теоретические основы аналитической химии» .....	18
Содержание защиты модуля «Общие теоретические основы аналитической химии» .....	19
<b>Модуль 2. Качественный химический анализ .....</b>	<b>20</b>
Занятие № 1. Тема: Введение в качественный химический анализ. Основные понятия, определения, классификации. Аналитические реакции катионов I-III группы по кислотно-основной классификации .....	22
Занятие № 2. Тема: Анализ смеси катионов I-III аналитических групп .....	24
Занятие № 3. Тема: Аналитические реакции катионов IV и V аналитических групп .....	25
Занятие № 4. Тема: Аналитические реакции катионов VI группы .....	26
Занятие № 5. Тема: Анализ смеси катионов IV-VI аналитических групп ...	27
Занятие № 6. Тема: Аналитические реакции анионов I аналитической группы .....	28
Занятие 7. Тема: Аналитические реакции анионов II-III аналитических групп .....	28
Занятие № 8. Тема: Анализ смеси анионов I-III аналитических групп .....	29
Занятия № 9. Тема: Анализ смеси катионов и анионов (сухой соли). Контрольная работа «Качественный химический анализ» .....	30
Содержание контрольной работы «Качественный химический анализ» ....	31
<b>Модуль 3. Количественный химический анализ. Гравиметрический анализ .....</b>	<b>31</b>
Занятие № 1. Тема: Введение в количественный анализ. Цели и основные	

понятия количественного анализа. Гравиметрический анализ. Определение сульфат-иона в аптечном препарате (1-ое занятие) .....	33
Занятие № 2. Тема: Определение сульфат-ионов в аптечном препарате (2-ое занятие) .....	34
Занятие № 3. Тема: Определение сульфат-ионов в лекарственном веществе (3-е занятие). Защита модуля «Гравиметрия» .....	35
Содержание защиты модуля по теме «Гравиметрический анализ» .....	36
<b>Модуль 4. Количественный анализ. Титриметрические химические методы анализа, применение в фармации</b> .....	37
Занятие № 1. Тема: Основные понятия титриметрического анализа. Классификация методов. Кислотно-основное титрование. Приготовление и стандартизация рабочего раствора HCl .....	38
Занятие № 2. Тема: Определение массы щелочи и карбоната натрия при их совместном присутствии .....	39
Занятие № 3. Тема: Определение содержания аммиака в солях аммония ...	41
Занятие № 4. Тема: Окислительно-восстановительное титрование. Перманганатометрия. Определение массы железа (II) в растворе .....	42
Занятие № 5. Тема: Приготовление и стандартизация титранта нитрита натрия. Определение содержания стрептоцида в лекарственном препарате «Стрептоцид белый» .....	43
Занятие № 6. Тема: Броматометрия. Приготовление и стандартизация титранта. Определение содержания салицилата натрия в лекарственном препарате .....	44
Занятие № 7. Тема: Комплексонометрическое титрование. Определение кальция и магния в препарате «Глюконат кальция» .....	46
Занятие № 8. Тема: Осадительное титрование. Определение содержания бромида калия в препарате методом Мора .....	47
Занятие № 9. Тема: Определение содержания бромида калия в препарате методом Фольгарда. Контрольная работа «Титриметрические методы анализа» .....	48
Содержание контрольной работы «Титриметрические методы анализа» ...	49
<b>Модуль 6. Физико-химические методы анализа. Оптические методы анализа, применение в фармации</b> .....	52
Занятие № 1. Тема: Общая характеристика физико-химических методов анализа, их классификация, достоинства и недостатки. Фотоэлектроколориметрическое определение массы железа(III) в растворе .....	53
Занятие № 2. Тема: Оптические методы анализа. Определение массы железа(III) в растворе методом дифференциальной фотометрии .....	55
Занятие № 3. Тема: Определение концентрации хлорид-ионов турбидиметрическим методом. Защита модуля «Оптические методы анализа» .....	56
Содержание защиты модуля «Оптические методы анализа» .....	57
<b>Модуль 6. Физико-химические методы анализа. Хроматографические методы анализа, применение в фармации</b> .....	58
Занятие № 1. Тема: Тонкослойная хроматография. Разделение смеси аминокислот методом тонкослойной хроматографии .....	59



Занятие № 2. Тема: Ионнообменная хроматография. Разделение борной кислоты и сульфата никеля(II) с последующим количественным определением .....	60
Занятие № 3. Тема: Бумажная хроматография. Разделение катионов методом бумажной хроматографии. Защита модуля «Хроматографические методы анализа» .....	61
Содержание защиты модуля «Хроматографические методы анализа» .....	62
<b>Модуль 7. Физко-химические методы анализа. Электрохимические методы анализа, применение в фармации .....</b>	<b>63</b>
Занятие № 1. Тема: Потенциометрическое титрование. Определение соляной и уксусной кислот при их совместном присутствии .....	64
Занятие № 2. Тема: Кондуктометрические методы определения воды. Кондуктометрическое титрование. Защита модуля «Электрохимические методы анализа» .....	65
Содержание защиты модуля «Электрохимические методы анализа» .....	66
Занятие № 3. Тема: Защита курсовых работ .....	67
Приложения .....	68
Расчетные формулы .....	75