

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИМЕНИ ИМПЕРАТОРА ПЕТРА I»**

**Факультет агрономии, агрохимии и экологии**

**Кафедра химии**

Утверждаю  
Зав. кафедрой

 А.В. Шапошник  
23.06.2017

**Фонд оценочных средств**

по дисциплине **Б1.Б.26 «Аналитическая химия»**  
для направления прикладного бакалавриата  
**36.03.01 «Ветеринарно-санитарная экспертиза»**

---

## 1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы

Индекс	Формулировка	Разделы дисциплины	
		1	2
ОПК-4	способность применять метрологические принципы инструментальных измерений, характерных для конкретной предметной области	+	+

## 2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

### 2.1 Шкала академических оценок освоения дисциплины

Виды оценок	Оценки	
Академическая оценка по 2-х балльной шкале (зачет)	не зачтено	зачтено

## 2.2 Текущий контроль

Код	Планируемые результаты	Раздел дисциплины	Содержание требования в разрезе разделов дисциплины	Технология формирования	Форма оценочного средства (контроля)	№ Задания		
						Пороговый уровень (удовл.)	Повышенный уровень (хорошо)	Высокий уровень (отлично)
ОПК-4	<p>- <b>знать:</b> методики экспериментального определения качественного и количественного состава химических веществ;</p> <p>- <b>уметь:</b> проводить экспериментальные исследования свойств химических соединений с помощью современных приборов, анализировать и оценивать результаты исследований;</p> <p>- <b>иметь навыки и /или опыт деятельности:</b> работы с реактивами, современными приборами и лабораторным оборудованием, необходимыми для проведения научных исследований в ветеринарии.</p>	1,2	Сформированные знания основных теоретических положений химической идентификации, способов и методов проведения титриметрических, фотометрических, потенциметрических, хроматографических анализов.	Лекция, Лабораторные занятия, Самостоятельная работа	Устный опрос, Контрольная работа, Тестирование	Вопросы и задания из разделов: 3.3, 3.4, 3.5, 3.6	Вопросы и задания из разделов: 3.3, 3.4, 3.5, 3.6	Вопросы и задания из разделов: 3.3, 3.4, 3.5, 3.6

## 2.3 Промежуточная аттестация

Код	Планируемые результаты	Раздел	Технология формирования	Форма оценочного средства (контроля)	№Задания		
					Пороговый уровень (удовл.)	Повышенный уровень (хорошо)	Высокий уровень (отлично)
ОПК-4	- <b>знать:</b> методики экспериментального определения качественного и количественного состава химических веществ;	1,2	Лекция Лабораторные занятия, Самостоятельная работа	Экзамен	Вопросы и задания из разделов: 3.2, 3.5	Вопросы и задания из разделов: 3.2, 3.5	Вопросы и задания из разделов: 3.2, 3.5
	- <b>уметь:</b> проводить экспериментальные исследования свойств химических соединений с помощью современных приборов, анализировать и оценивать результаты исследований;	1,2	Лекция Лабораторные занятия, Самостоятельная работа	Экзамен	Вопросы и задания из разделов: 3.2, 3.5	Вопросы и задания из разделов: 3.2, 3.5	Вопросы и задания из разделов: 3.2, 3.5
	- <b>иметь навыки и /или опыт деятельности:</b> работы с реактивами, современными приборами и лабораторным оборудованием, необходимыми для проведения научных исследований в ветеринарии.	1,2	Лекция Лабораторные занятия, Самостоятельная работа	Экзамен	Вопросы и задания из разделов: 3.2, 3.5	Вопросы и задания из разделов: 3.2, 3.5	Вопросы и задания из разделов: 3.2, 3.5

## 2.4. Критерии зачета

<b>«Зачтено»</b>	<i>выставляется, когда обучающийся показал знание основных положений учебной дисциплины, умение получить правильное решение конкретной ситуативной задачи из числа предусмотренных рабочей программой, знакомство с рекомендованной справочной и учебной литературой</i>
<b>«Не зачтено»</b>	<i>когда при ответе обучающегося выявились существенные пробелы в знаниях основных положений учебной дисциплины, неумение получить правильное решение конкретной ситуативной задачи из числа предусмотренных рабочей программой учебной дисциплины</i>

## 2.5 Критерии оценки устного опроса

Оценка	Критерии
<b>«отлично»</b>	<i>выставляется обучающемуся, если он четко выражает свою точку зрения по рассматриваемым вопросам, приводя соответствующие примеры</i>
<b>«хорошо»</b>	<i>выставляется обучающемуся, если он допускает отдельные погрешности в ответе</i>
<b>«удовлетворительно»</b>	<i>выставляется обучающемуся, если он обнаруживает пробелы в знаниях основного учебно-программного материала</i>
<b>«неудовлетворительно»</b>	<i>выставляется обучающемуся, если он обнаруживает существенные пробелы в знаниях основных положений учебной дисциплины, неумение с помощью преподавателя получить правильное решение конкретной практической задачи из числа предусмотренных рабочей программой учебной дисциплины</i>

## 2.6 Критерии оценки тестов

Ступени уровней освоения компетенций	Отличительные признаки	Показатель оценки сформированной компетенции
<b>Пороговый</b>	<i>Обучающийся воспроизводит термины, основные формулы и понятия, способен узнавать основные явления, процессы</i>	<i>Не менее 55 % баллов за задания теста.</i>
<b>Продвинутый</b>	<i>Обучающийся выявляет взаимосвязи, классифицирует, упорядочивает, интерпретирует, применяет на практике пройденный материал</i>	<i>Не менее 75 % баллов за задания теста.</i>
<b>Высокий</b>	<i>Обучающийся анализирует, оценивает, прогнозирует, конструирует</i>	<i>Не менее 90 % баллов за задания теста.</i>
<b>Компетенция не сформирована</b>		<i>Менее 55 % баллов за задания теста.</i>

## 2.7. Критерии оценки контрольной работы

Оценка преподавателя, уровень	Критерии
<b>«отлично», высокий уровень</b>	<i>Обучающийся показал прочные знания основных положений учебной дисциплины, умение самостоятельно решать конкретные практические задачи повышенной сложности, свободно использовать справочную литературу, делать обоснованные выводы</i>
<b>«хорошо», повышенный уровень</b>	<i>Обучающийся показал прочные знания основных положений учебной дисциплины, умение самостоятельно решать конкретные практические задачи, предусмотренные рабочей программой, ориентироваться в рекомендованной справочной литературе, умеет правильно оценить полученные результаты</i>
<b>«удовлетворительно», пороговый уровень</b>	<i>Обучающийся показал знание основных положений учебной дисциплины, умение получить с помощью преподавателя правильное решение конкретной практической задачи из числа предусмотренных рабочей программой, знакомство с рекомендованной справочной</i>
<b>«неудовлетворительно»</b>	<i>При ответе обучающегося выявились существенные пробелы в знаниях основных положений учебной дисциплины, неумение с помощью преподавателя получить правильное решение конкретной практической задачи из числа предусмотренных рабочей программой учебной дисциплины</i>

## 2.8. Критерии оценки коллоквиума

Оценка преподавателя, уровень	Критерии
<b>«отлично», высокий уровень</b>	<i>Обучающийся показал прочные знания основных положений учебной дисциплины, умение самостоятельно решать конкретные практические задачи повышенной сложности, свободно использовать справочную литературу, делать обоснованные выводы</i>
<b>«хорошо», повышенный уровень</b>	<i>Обучающийся показал прочные знания основных положений учебной дисциплины, умение самостоятельно решать конкретные практические задачи, предусмотренные рабочей программой, ориентироваться в рекомендованной справочной литературе, умеет правильно оценить полученные результаты</i>
<b>«удовлетворительно», пороговый уровень</b>	<i>Обучающийся показал знание основных положений учебной дисциплины, умение получить с помощью преподавателя правильное решение конкретной практической задачи из числа предусмотренных рабочей программой, знакомство с рекомендованной справочной</i>
<b>«неудовлетворительно»</b>	<i>При ответе обучающегося выявились существенные пробелы в знаниях основных положений учебной дисциплины, неумение с помощью преподавателя получить правильное решение конкретной практической задачи из числа предусмотренных рабочей программой учебной дисциплины</i>

## 2.9 Допуск к сдаче зачета

1. Посещение занятий. Допускается один пропуск без предъявления справки.
2. Выполнение домашних заданий.
3. Активное участие в работе на занятиях.

## 3. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

### 3.1 Перечень экзаменационных вопросов

Не предусмотрен

### 3.2 Вопросы к зачету

1. Предмет аналитической химии. Качественный и количественный анализ.
2. Классификация химических методов анализа. Требования к аналитическим реакциям. Точность аналитических определений.
3. Принцип титриметрического анализа. Закон эквивалентов. Точка эквивалентности.
4. Правила измерения точного объема, приготовления растворов с точной концентрацией, определения точки эквивалентности.
5. Требования, предъявляемые к стандартным веществам и стандартным растворам.
6. Метод кислотно-основного титрования. Реакция нейтрализации, применяемые реактивы, определяемые вещества, используемые индикаторы.
7. Область перехода окраски индикатора, показатель титрования индикатора.
8. Порядок титрования в методе нейтрализации. Кривые титрования сильных и слабых кислот. Выбор индикатора.
9. Кривые титрования сильных и слабых оснований. Выбор индикатора.
10. Кривые титрования многоосновных кислот и солей слабых кислот. Выбор индикатора. Жесткость природной воды. Определение карбонатной жесткости природной воды.
11. Метод осаждения. Требования к реакциям, лежащим в основе определения и применение в агрохимическом анализе.
12. Метод комплексонометрии. Реакции комплексообразования, применяемые реактивы, определяемые вещества, используемые индикаторы. Применение в агрохимическом анализе.
13. Жесткость природной воды. Определение общей жесткости воды. Условия титрования с эриохромом черным Т (хромогеном черным).
14. Определение содержания кальция в природной воде. Условия титрования с мурексидом.
15. Применение различных способов титрования в агрохимическом анализе.
16. Метод окислительно-восстановительного титрования. Окислительно-восстановительный потенциал. Направление окислительно-восстановительных реакций.
17. Метод перманганатометрии. Условия титрования, реактивы, определяемые вещества.
18. Метод иодометрии. Особенности определения окислителей и восстановителей.
19. Условия проведения иодометрических определений.
20. Классификация инструментальных методов анализа. Какие физические и физико-химические свойства веществ используют в физико-химических методах анализа?
21. Оптические методы анализа. Основной закон светопоглощения. Спектральные методы анализа: абсорбционный анализ (фотоэлектроколориметрия, спектрофотометрия), эмиссион-

ный анализ (пламенная фотометрия). Области применения фотоколориметрии и пламенной фотометрии.

22. Рефрактометрия. Явление рефракции, показатель преломления света и его связь с концентрацией раствора. Области применения рефрактометрических определений.

23. Поляриметрия. Поляризация света, угол вращения плоскости поляризации света и его связь с концентрацией раствора оптически активного вещества. Области применения поляриметрического анализа.

24. Электрохимические методы анализа. Потенциометрия. Уравнение Нернста. Области применения потенциометрических определений.

25. Кулонометрия. Электролиз. Обобщенный закон Фарадея.

26. Кондуктометрия. Удельная электропроводность раствора.

27. Хроматография. Классификация методов хроматографического анализа. Области применения хроматографии.

### 3.3 Вопросы к контрольной работе

#### 1. Обработка результатов измерений

##### Контрольные задания № 1-10

1. Какими числами – точными или приближенными можно выразить: а) массу вещества; б) плотность раствора; в) объем раствора; г) число опытов; д) среднее значение результатов нескольких параллельно выполненных анализов одного и того же образца; е) валентность элемента; ж) число пробирок в штативе.

2. Чем определяется точность приближенного числа?

Укажите число значащих цифр в следующих приближенных числах: а) 27,205; б) 371,0; в) 0,00849; г)  $1,2 \cdot 10^{-3}$ ; д) 0,04730.

3. Сколько значащих цифр должны содержать величины молярной концентрации эквивалента ( $N$ ) и титра ( $T$ )?

Укажите, какие величины записаны верно: а)  $T = 0,1$  г/мл; б)  $N = 0,08$  моль/л; в)  $T = 0,04070$  г/мл; г)  $N = 0,1000$  моль/л; д)  $T = 0,0309$  г/мл; е)  $N = 0,0075$  моль/л.

4. Как следует записывать результаты взвешивания веществ при помощи технических и аналитических весов?

Какой из приведенных ниже результатов взвешивания следует считать наименее точным: а) 1,03 г; б) 0,05367 г; в) 2,1 г; г) 2,10 г.

5. Как следует округлять числа? Что значит округлить число по правилу “запасной” цифры?

Масса воды, вмещаемой мерной колбой объемом 1 л, при 20°C равна 0,99717 кг. Округлите это число до четырех, трех и двух значащих цифр.

6. Сколько значащих цифр должен иметь окончательный результат вычисления?

Выполните действия и округлите результат:

а)  $6,75 + 0,443 + 15,28 =$

б)  $10,1412 - 10,0 =$

в)  $5,1 \cdot 12,00 =$

г)  $1,05 : 97,8 =$

7. С какой точностью следует вычислять среднее арифметическое из нескольких приближенных чисел?

Химик-аналитик, выполнив три параллельных определения, получил данные: 12,0; 12,2; 12,3 % и записал среднее арифметическое значение 12,167 %. Верна ли такая запись?

8. Что называют абсолютной и относительной погрешностью?

Мерная пипетка объемом 25 мл градуирована с погрешностью 0,05 мл. Вычислите относительную погрешность измерения объема этой пипетки.



9. Охарактеризуйте случайные, систематические и грубые ошибки. Какие ошибки можно учесть заранее?

Делению бюретки 15,00 мл соответствует объем 15,05 мл. К какому типу ошибок это относится?

10. Какое минимальное число параллельных измерений следует производить при выполнении химического анализа? Что такое среднее арифметическое? При определении содержания оксида кальция в карбонате кальция получены следующие значения массовой доли CaO: 55,86; 55,90; 55,82 %. Рассчитайте среднее арифметическое.

## 2. Титриметрический анализ

### 2.1. Основные понятия

#### Контрольные задания № 11-20

11. На чем основан титриметрический анализ? Какой стехиометрический закон химии лежит в основе титриметрического метода? Каким требованиям должны удовлетворять реакции, применяемые в титриметрическом анализе?

Вычислить количество вещества эквивалента  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , если известно, что масса  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  равна 2,295 г. (Ответ: 0,06194 моль).

12. Какие растворы называют стандартными и стандартизированными? Какие требования предъявляются к веществам, используемым для приготовления стандартных растворов? Что такое “фиксанал”?

Фиксанал серной кислоты содержал 0,1 моль эквивалента  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . Содержимое ампулы перенесено в мерную колбу на 500 мл и разбавлено водой до метки. Определите молярную концентрацию эквивалента и титр полученного раствора. (Ответ: 0,2 моль/л; 0,009809 г/мл).

13. Охарактеризуйте основные методы титриметрического анализа и укажите его погрешность.

Какой метод используют для титриметрического определения содержания меди в растворе? Опишите кратко сущность и ход определения, перечислите условия, которые при этом необходимо соблюдать.

14. Охарактеризуйте основные приемы титрования (прямое, обратное, заместительное).

Какой прием титрования применяют для определения содержания кальция и магния в природной воде? Опишите кратко сущность, условия и ход определения.

15. Что называют аликвотой, титрантом, титрованием? Какое количество титранта расходуется при титровании? Какая лабораторная посуда споласкивается раствором титранта?

Какой объем титранта (0,1200 н. раствор NaOH) пойдет на титрование 20,00 мл раствора  $\text{HNO}_3$ , титр которого 0,006720 г/мл? (Ответ: 17,77 мл).

16. Что называют точкой эквивалентности (точкой стехиометричности) и как ее устанавливают? Соблюдение каких условий обеспечивает точное ее определение визуальным методом?

Серная кислота оттитрована гидроксидом натрия до слабокислой среды. Правильно ли определена точка эквивалентности (точка стехиометричности)? Если нет, то перетитрован или недотитрован раствор?

17. Что называют кривой титрования и каково ее назначение? Что такое скачок титрования?

Титруют 20,00 мл 0,2 н. раствора HCl 0,2 н. раствором NaOH. Определить pH раствора в титровальной колбе, когда в нее добавлено 10 мл раствора NaOH.

18. Что называют эквивалентом и молярной массой эквивалента вещества? Как рассчитывается молярная масса эквивалента веществ? Для расчета какой концентрации она используется?

Количество вещества  $\text{CaSO}_4$  равно 0,75 моль. Чему равно количество вещества эквивалента  $\text{CaSO}_4$ ? (Ответ: 1,5 моль).

19. Что называют титром раствора и титром раствора по определяемому веществу? Какая связь между титром и молярной концентрацией эквивалента? Сколько значащих цифр должны содержать величины титра и молярной концентрации эквивалента?

Молярная концентрация эквивалента  $K_2CO_3$  равна 0,5 моль/л. Вычислите титр раствора  $K_2CO_3$  и его титр по  $HCl$ . (Ответ: 0,03455 г/мл; 0,01823 г/мл).

20. Какая химическая посуда используется при выполнении титриметрического анализа и каково ее назначение? Приведите примеры использования титриметрического метода для анализа сельскохозяйственных объектов.

Какую химическую посуду следует использовать для приготовления 250 мл раствора из 1,576 г щавелевой кислоты  $H_2C_2O_4 \cdot 2H_2O$ ? Вычислите титр и молярную концентрацию эквивалента щавелевой кислоты в этом растворе. (Ответ: 0,006304 г/мл; 0,1000 моль/л).

## 2.2. Кислотно-основное титрование (метод нейтрализации)

### Контрольные задания № 21-30

21. Какие процессы лежат в основе кислотно-основного титрования? Какие вещества могут быть определены данным методом?

К 25,00 мл 0,0987 н.  $HCl$  прилито 24,50 мл 0,1020 н.  $NaOH$ . Какое вещество и в каком количестве находится в избытке в полученном растворе? (Ответ: 0,0315 ммоль  $NaOH$ ).

22. Что называют ацидиметрией? Чем обусловлена временная жесткость воды и как проводят ее определение?

Определите временную жесткость воды, если на титрование 100,00 мл ее израсходовано 2,60 мл раствора  $HCl$ , титр которого 0,004023 г/мл. (Ответ: 2,87 ммоль/л).

23. Какой параметр раствора изменяется в процессе кислотно-основного титрования? Как величину этого параметра рассчитывают для растворов сильных и слабых кислот?

К 20 мл 0,1 н.  $HCl$  прилито 20 мл 0,1 н.  $KOH$ . Какова реакция среды полученного раствора?

24. Растворы каких веществ следует использовать для установления титра и молярной концентрации эквивалента оснований? Почему?

Рассчитать титр гидроксида бария, молярная концентрация эквивалента которого равна 0,02543 моль/л. (Ответ: 0,002179 г/мл).

25. Что представляют собой по химической природе кислотно-основные индикаторы и в чем причина изменения их окраски в зависимости от  $pH$  среды? Приведите примеры важнейших кислотно-основных индикаторов.

Смешали 25,00 мл 0,1 н. раствора  $KOH$  и 2,50 мл 1,00 н. раствора  $HCl$ . В какой цвет будет окрашен метиловый оранжевый в полученном растворе?

26. В каких координатах строят кривую кислотно-основного титрования? Какие факторы влияют на величину скачка титрования на кривой кислотно-основного титрования?

В растворе объемом 1 л содержится 2,8640 г  $KOH$ . Чему равен титр этого раствора по  $H_2SO_4$ ? (Ответ: 0,002503 г/мл).

27. Как правильно выбрать индикатор для кислотно-основного титрования? Что называют областью перехода окраски индикатора, показателем титрования? Приведите значения этих параметров для важнейших кислотно-основных индикаторов.

На титрование 25,00 мл раствора  $KOH$  расходуется 28,40 мл 0,1265 н.  $H_2SO_4$ . Найти молярную концентрацию эквивалента раствора  $KOH$ . (Ответ: 0,1437 моль/л).

28. Что называют хромофорами и аукохромами и каково их воздействие на окраску кислотно-основных индикаторов? Приведите примеры хромофоров и аукохромонов.

Сколько граммов  $H_2SO_4$  содержится в 28,60 мл раствора, титр которого 0,005146 г/мл? (Ответ: 1,47 г).

29. Как зависит положение точки эквивалентности и скачка титрования на кривой кислотно-основного титрования от силы электролитов, используемых при титровании?

Титр раствора серной кислоты по гидроксиду калия равен 0,005820 г/мл. Определите  $T(H_2SO_4)$ . (Ответ: 0,005087 г/мл).

30. Укажите основные условия, способствующие как можно более точному установлению точки эквивалентности в методе кислотно-основного титрования.

Титр раствора NaOH равен 0,004336 г/мл. Определите  $T(\text{NaOH}/\text{HCl})$ . (Ответ: 0,003952 г/мл).

### 2.3. Комплексонометрическое титрование (хелатометрия)

#### Контрольные задания № 31-40

31. Что такое комплексоны? Приведите примеры.

Какой объем раствора, молярная концентрация эквивалента которого 0,05 моль/л, можно приготовить из комплексона III<sup>\*</sup> массой 2,3265 г? (Ответ: 0,25 л).

32. Что такое хелаты? Приведите примеры.

На титрование 20,00 мл раствора, приготовленного из безводного  $\text{MgSO}_4$  массой 1,5250 г в мерной колбе на 100 мл, расходуется 19,55 мл раствора комплексона III. Определите молярную концентрацию эквивалента раствора комплексона III. (Ответ: 0,05184 моль/л).

33. На чем основано комплексонометрическое титрование? Какова роль  $pH$  в комплексонометрии?

На титрование 25,00 мл раствора нитрата кальция (молярная концентрация эквивалента  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  равна 0,01059 моль/л) израсходовано 26,47 мл раствора комплексона III. Определите титр раствора комплексона III. (Ответ: 0,001862 г/мл).

34. Что такое трилон Б? Какова его роль в хелатометрическом титровании?

Рассчитайте массу трилона Б, необходимого для приготовления раствора, молярная концентрация эквивалента которого 0,1 моль/л и объем 2,5 л. (Ответ: 46,53 г).

35. В чем сущность хелатометрического титрования? Какие сельскохозяйственные объекты можно анализировать данным методом?

На титрование 100 мл природной воды потребовалось 9,60 мл раствора трилона Б, имеющего молярную концентрацию эквивалента 0,05 моль/л. Карбонатная жесткость воды равна 3,7 ммоль/л. Вычислите общую и некарбонатную жесткость воды. (Ответ: 4,8 ммоль/л; 1,1 ммоль/л).

36. Что такое металл-индикаторы? В каком виде их используют при титровании? Опишите важнейшие металл-индикаторы.

Составьте уравнения реакций, лежащих в основе комплексонометрического определения катионов  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Mg}^{2+}$  при совместном присутствии. Укажите индикатор и переход его окраски в точке эквивалентности (точке стехиометричности), а также величину  $pH$ , необходимую для определения указанных катионов.

37. На чем основано фиксирование точки эквивалентности (точки стехиометричности) в хелатометрическом титровании? Какие ионы можно определять методом комплексонометрии?

На титровании 20,00 мл раствора  $\text{MgSO}_4$  израсходовано 21,22 мл раствора комплексона III, молярная концентрация эквивалента которого 0,02065 моль/л. Определить концентрацию (в г/л) соли магния в растворе. (Ответ: 1,4062 г/л).

38. Что такое жесткость воды и каковы ее разновидности?

Рассчитайте общую жесткость воды, если на титрование 100 мл ее расходуется 12,00 мл раствора трилона Б, молярная концентрация эквивалента которого 0,07500 моль/л. (Ответ: 9,0 ммоль/л).

39. Какая жесткость воды определяется методом комплексонометрии? Опишите ход ее определения.

Рассчитайте молярную концентрацию эквивалента трилона Б, если на титрование 100 мл природной воды израсходовано 10,86 мл раствора трилона Б и определена общая жесткость воды, равная 5,7 ммоль/л. (Ответ: 0,05249 моль/л).

---

\* ) Комплексон III, трилон Б, ЭДТА - натриевая соль этилендиаминтетрауксусной кислоты  $\text{Na}_2\text{C}_{10}\text{H}_{14}\text{O}_8\text{N}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  ( $M = 372,24$  г/моль).

40. Какими способами можно осуществлять комплексонометрическое титрование? Охарактеризуйте эти способы.

Рассчитайте концентрацию (в г/л) раствора  $\text{CaCl}_2$ , если на титрование 20,00 мл его израсходовано 17,26 мл раствора трилона Б, молярная концентрация эквивалента которого 0,06905 моль/л. (Ответ: 3,3068 г/л).

#### 2.4. Окислительно-восстановительное титрование (редоксметрия)

##### Контрольные задания № 41-50

41. На использовании каких реакций основано окислительно-восстановительное титрование? Какая величина является количественной характеристикой окислительно-восстановительной способности окислителя и восстановителя и как ее рассчитывают?

Какая окислительно-восстановительная пара обладает наиболее сильными окислительными свойствами? Дайте обоснованный ответ.

- а)  $\text{Cl}_2/\text{Cl}^-$  ( $E^\circ = +1,36 \text{ В}$ ),
- б)  $\text{MnO}_4^-/\text{Mn}^{2+}$  ( $E^\circ = +1,51 \text{ В}$ ),
- в)  $\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}$  ( $E^\circ = +0,77 \text{ В}$ ).

42. Приведите краткую характеристику методов окислительно-восстановительного титрования. Определите молярные массы эквивалента окислителя и восстановителя, участвующих в следующей реакции:



43. Как величина  $pH$  влияет на окислительные свойства перманганат-иона?

Навеску  $\text{KMnO}_4$  массой 1,8750 г растворили в мерной колбе и довели объем раствора водой до 500 мл. Вычислите молярную концентрацию эквивалента полученного раствора для реакции: а) в кислой среде; б) в щелочной среде. (Ответ: а) 0,1186 моль/л; б) 0,07120 моль/л).

44. На чем основано перманганатометрическое титрование? Определите массу щавелевой кислоты  $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , необходимой для приготовления 500 мл раствора, молярная концентрация эквивалента которого 0,2000 моль/л. (Ответ: 6,3000 г).

45. Какой раствор используют в качестве титранта в перманганатометрии и как его готовят? Определите, какая масса  $\text{KMnO}_4$  требуется для приготовления 500 мл его раствора, молярная концентрация эквивалента которого 0,1000 моль/л (кислая среда). (Ответ: 1,5805 г).

46. Как устанавливают точку эквивалентности (точку стехиометричности) в перманганатометрии? На титрование 23,00 мл раствора щавелевой кислоты  $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ , молярная концентрация эквивалента которого 0,1200 моль/л, израсходовано 20,00 мл раствора перманганата калия  $\text{KMnO}_4$ . Определите молярную концентрацию эквивалента и титр раствора  $\text{KMnO}_4$ . (Ответ: 0,1380 моль/л; 0,004362 г/мл).

47. Для определения каких веществ используют перманганатометрическое титрование? Приведите примеры. На титрование сульфата железа (II) израсходовано 15,00 мл раствора  $\text{KMnO}_4$ , молярная концентрация эквивалента которого 0,05123 моль/л. Определите массу железа в растворе. (Ответ: 0,04291 г).

48. На чем основано иодометрическое титрование? Каковы условия выполнения иодометрического титрования? Навеска иода массой 1,2620 г растворена в мерной колбе объемом 250 мл. Определите титр и молярную концентрацию эквивалента полученного раствора. (Ответ: 0,005048 г/мл; 0,03978 моль/л).

49. Как устанавливают точку эквивалентности (точку стехиометричности) в иодометрическом титровании? На титрование иода, выделившегося при взаимодействии иодида калия с 12,50 мл раствора  $\text{KMnO}_4$ , титр которого 0,001544 г/мл, израсходовано 17,05 мл раствора тиосульфата натрия  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ . Определите молярную концентрацию эквивалента раствора  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ . (Ответ: 0,03581 моль/л).

50. Для определения каких веществ используют иодометрическое титрование? Приведите примеры.

К раствору сульфата меди (II) прибавили раствор иодида калия. Выделившийся  $I_2$  оттитровали 10,85 мл раствора тиосульфата натрия, титр которого 0,01205 г/мл. Определите массу меди в растворе. (Ответ: 0,05255 г).

### 3.4 Вопросы к коллоквиуму

#### № 1.

1. Предмет аналитической химии. Качественный и количественный анализ.
2. Классификация химических методов анализа. Требования к аналитическим реакциям. Точность аналитических определений.
3. Принцип титриметрического анализа. Закон эквивалентов. Точка эквивалентности.
4. Правила измерения точного объема, приготовления растворов с точной концентрацией, определения точки эквивалентности.
5. Требования, предъявляемые к стандартным веществам и стандартным растворам.
6. Метод кислотно-основного титрования. Реакция нейтрализации, применяемые реактивы, определяемые вещества, используемые индикаторы.
7. Область перехода окраски индикатора, показатель титрования индикатора.
8. Порядок титрования в методе нейтрализации. Кривые титрования сильных и слабых кислот. Выбор индикатора.
9. Кривые титрования сильных и слабых оснований. Выбор индикатора.
10. Кривые титрования многоосновных кислот и солей слабых кислот. Выбор индикатора. Жесткость природной воды. Определение карбонатной жесткости природной воды.

#### № 2.

1. Метод комплексонометрии. Реакции комплексообразования, применяемые реактивы, определяемые вещества, используемые индикаторы. Применение в агрохимическом анализе.
2. Жесткость природной воды. Определение общей жесткости воды. Условия титрования с эриохромом черным Т (хромогеном черным).
3. Определение содержания кальция в природной воде. Условия титрования с мурексидом.
4. Применение различных способов титрования в агрохимическом анализе.
5. Метод окислительно-восстановительного титрования. Окислительно-восстановительный потенциал. Направление окислительно-восстановительных реакций.
6. Метод перманганатометрии. Условия титрования, реактивы, определяемые вещества.
7. Метод иодометрии. Особенности определения окислителей и восстановителей.
8. Условия проведения иодометрических определений.

#### № 3.

1. Классификация инструментальных методов анализа. Какие физические и физико-химические свойства веществ используют в физико-химических методах анализа?
2. Оптические методы анализа. Основной закон светопоглощения. Спектральные методы анализа: абсорбционный анализ (фотоэлектроколориметрия, спектрофотометрия), эмиссионный анализ (пламенная фотометрия). Области применения фотоколориметрии и пламенной фотометрии.
3. Рефрактометрия. Явление рефракции, показатель преломления света и его связь с концентрацией раствора. Области применения рефрактометрических определений.
4. Поляриметрия. Поляризация света, угол вращения плоскости поляризации света и его связь с концентрацией раствора оптически активного вещества. Области применения поляриметрического анализа.
5. Электрохимические методы анализа. Потенциометрия. Уравнение Нернста. Области применения потенциометрических определений.
6. Кулонометрия. Электролиз. Обобщенный закон Фарадея.
7. Кондуктометрия. Удельная электропроводность раствора.
8. Хроматография. Классификация методов хроматографического анализа. Области применения хроматографии.

### 3.5 Тестовые задания

#### ТЕСТ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ

1. Какой индикатор подойдет для титрования серной кислоты гидроксидом калия?

Ответы:

- а) хромоген;
- б) метиловый оранжевый;
- в) фенолфталеин;
- г) мурексид.

2. Какой титрант надо выбрать для определения содержания ионов кальция в растворе?

Ответы:

- а) соляную кислоту;
- б) гидроксид натрия;
- в) перманганат калия;
- г) трилон Б.

3. Каким методом определяют содержание катионов железа (II)?

Ответы:

- а) комплексонометрии;
- б) иодометрии;
- в) перманганатометрии;
- г) нейтрализации.

4. Какой из перечисленных методов не относится к инструментальным методам анализа?

Ответы:

- а) фотометрия;
- б) титриметрия;
- в) хроматография;
- г) кондуктометрия.

5. Какие индикаторы относятся к кислотно-основным?

Ответы:

- а) метиловый оранжевый;
- б) метиловый красный;
- в) мурексид;
- г) хромоген.

6. Содержанием каких ионов обусловлена жесткость природной воды?

Ответы:

- а) сульфатов;
- б) кальция и магния;
- в) нитратов;
- г) карбонатов.

7. Какой индикатор используют для определения содержания иода в растворе?

Ответы:

- а) хромоген черный;
- б) фенолфталеин;
- в) лакмус;
- г) крахмал.

8. Какой момент в ходе титрования называют точкой эквивалентности?

Ответы:

- а) окончание реакции;
- б) добавление индикатора;
- в) отбор пробы;
- г) добавление титранта.

9. Какие ионы можно определить методом комплексонометрического титрования?

Ответы:

- а) гидрокарбонаты;
- б) кальция и магния;
- в) нитраты;
- г) натрия и калия.

10. Какой реактив используют для определения содержания иода в растворе?

Ответы:

- а) серная кислота;
- б) фенолфталеин;
- в) тиосульфат натрия;
- г) крахмал.

11. Какой из перечисленных методов относится к инструментальным методам анализа?

Ответы:

- а) потенциометрия;
- б) ацидиметрия;
- в) иодометрия;
- г) комплексонометрия.

12. В какой среде проводят определение общей жесткости природной воды?

Ответы:

- а) кислой;
- б) характер среды не влияет на определение;
- в) щелочной;
- г) нейтральной.

13. В каком методе анализа измеряемой величиной является электродный потенциал?

Ответы:

- а) потенциометрия;
- б) поляриметрия;
- в) рефрактометрия;
- г) кондуктометрия.

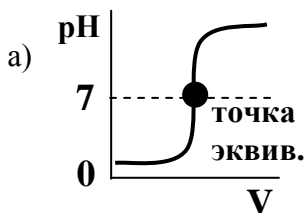
14. Какой индикатор используют для определения содержания кальция в растворе?

Ответы:

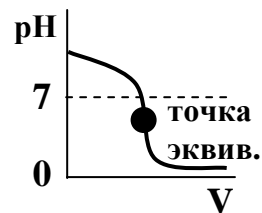
- а) фенолфталеин;
- б) хромоген;
- в) мурексид;
- г) крахмал.

15. Какой вид кривой титрования соответствует случаю определения концентрации сильной кислоты сильным основанием?

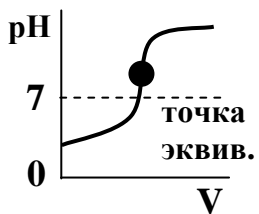
Ответы:



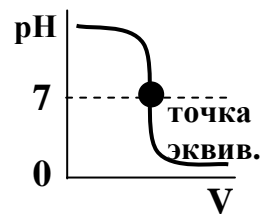
в)



б)

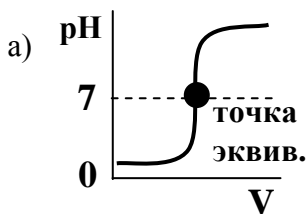


г)

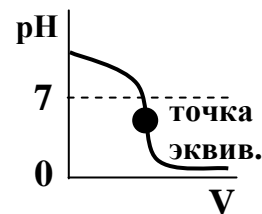


16. Какой вид кривой титрования соответствует случаю определения концентрации слабой кислоты сильным основанием?

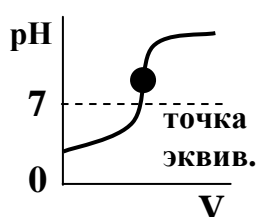
Ответы:



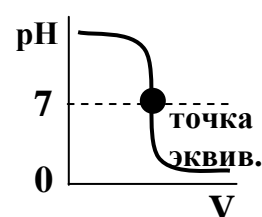
в)



б)



г)





17. В какой среде нельзя проводить иодометрические определения?

Ответы:

- а) кислой;
- б) щелочной;
- в) нейтральной;
- г) характер среды не влияет на определение.

18. Какое физическое свойство лежит в основе рефрактометрического метода анализа веществ?

Ответы:

- а) светопоглощение;
- б) светоиспускание;
- в) электропроводность;
- г) светопреломление

19. Какое соотношение называют уравнением Нернста?

Ответы:

- а)  $I = \frac{U}{R}$ ;
- б)  $E = E_0 + \frac{RT}{nF} \ln \frac{a_{ox}}{a_{red}}$ ;
- в)  $y = kx + b$ ;
- г)  $D = \varepsilon Cl$ .

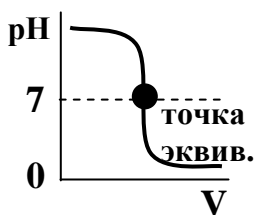
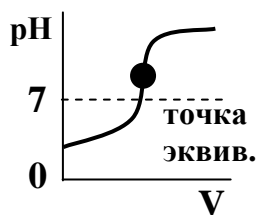
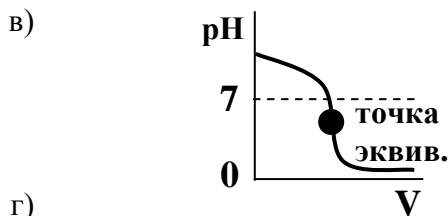
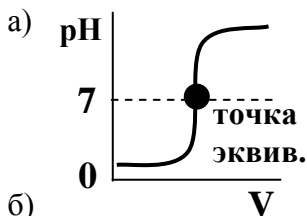
20. Какой раствор добавляют к титруемой пробе при определении содержания кальция с мурексидом для поддержания pH=11-12?

Ответы:

- а)  $H_2SO_4$  (1:4);
- б) 0.1 Н NaOH;
- в) 2 Н NaOH;
- г) аммиачный буферный раствор.

21. Какой вид кривой титрования соответствует случаю определения концентрации слабого основания сильной кислотой?

Ответы:



22. В каких методах анализа измеряемой величиной является оптическая плотность раствора?

Ответы:

- а) пламенная фотометрия;
- б) фотоэлектроколориметрия;
- в) поляриметрия;
- г) кондуктометрия.

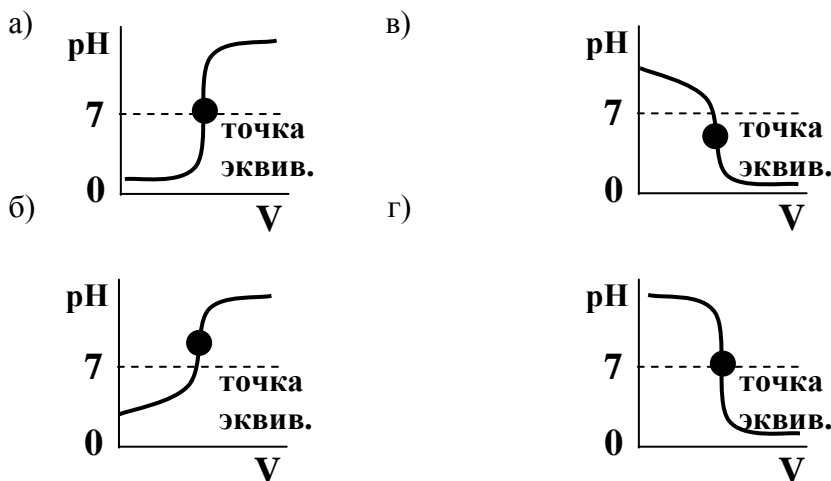
23. Какой раствор добавляют к титруемой пробе при определении общей жесткости с хромогеном для поддержания  $pH=8-9$ ?

Ответы:

- а) гидрокарбонат натрия;
- б) аммиачный буферный раствор;
- в) серную кислоту;
- г) гидроксид натрия.

24. Какой вид кривой титрования соответствует случаю определения концентрации сильного основания сильной кислотой?

Ответы:



25. Какой индикатор подходит для определения содержания кальция?

Ответы:

- а) хромоген;
- б) метиловый красный;
- в) фенолфталеин;
- г) мурексид.

26. В каком методе анализа измеряемой величиной является электросопротивление раствора?

Ответы:

- а) фотометрия;
- б) рефрактометрия;
- в) поляриметрия;
- г) кондуктометрия.

27. Какой индикатор подходит для титрования уксусной кислоты гидроксидом калия?

Ответы:

- а) хромоген;
- б) метиловый красный;
- в) фенолфталеин;
- г) мурексид.

28. Какая формула соответствует кристаллогидрату тиосульфата натрия?

Ответы:

- а)  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ;
- б)  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ;
- в)  $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ;
- г)  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ .

29. Какая окраска раствора в перманганатометрии свидетельствует об окончании титрования?

Ответы:

- а) красная;
- б) ярко розовая;
- в) бесцветная;
- г) слабо розовая.

30. Какое соотношение описывает основной закон светопоглощения Бугера-Ламберта-Бера?

Ответы:

- а)  $I = \frac{U}{R}$ ;
- б)  $E = E_0 + \frac{RT}{nF} \ln \frac{a_{ox}}{a_{red}}$ ;
- в)  $I = I_0 \cdot 10^{-\varepsilon Cl}$ ;
- г)  $D = \varepsilon Cl$ .

31. Кривая титрования в методе нейтрализации представляет собой зависимость:

Ответы:

- а) pH от объема титранта;
- б) pH от концентрации титранта;
- в) pH от объема пробы;
- г) объем титранта от концентрации титранта.

32. Какой реактив называют трилон Б?

Ответы:

- а) нитрилотриуксусная кислота;
- б) этилендиаминтетрауксусная кислота;
- в) динатриевая соль этилендиаминтетрауксусной кислоты;
- г) комплексон I.

33. Какие индикаторы подходят для титрования гидроксида натрия соляной кислотой?

Ответы:

- а) метиловый оранжевый;
- б) хромоген;
- в) фенолфталеин;
- г) крахмал.

34. С каким индикатором определяют общую жесткость природной воды?

Ответы:

- а) фенолфталеин;
- б) мурексид;
- в) хромоген;
- г) метиловый оранжевый.

35. Крахмал в качестве индикатора используют при определении содержания:

Ответы:

- а) серной кислоты;
- б) иода;
- в) тиосульфата натрия;
- г) перманганата калия.

36. Какой из перечисленных методов относится к оптическим методам анализа?

Ответы:

- а) потенциометрия;
- б) ацидиметрия;
- в) иодометрия;
- г) спектрофотометрия.

37. Какая мерная посуда не может быть использована для точного измерения объема?

Ответы:

- а) пипетка;
- б) бюретка;
- в) мерная колба;
- г) мерный цилиндр.

38. Какой реактив можно использовать для определения карбонатной жесткости природной воды?

Ответы:

- а) гидроксид натрия;
- б) тиосульфат натрия;
- в) соляная кислота;
- г) соль Мора.

39. Какое вещество можно использовать для приготовления стандартного раствора?

Ответы:

- а) NaCl (ч.д.а., обезвоженный);
- б) HCl (техн.ч.);
- в)  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot n \text{H}_2\text{O}$ ;
- г)  $\text{CH}_3\text{COOH}$ .

40. Под карбонатной жесткостью природной воды подразумевают содержание в растворе:

Ответы:

- а) гидросульфатов;
- б) нитратов;
- в) хлоридов;
- г) гидрокарбонатов.

### ТЕСТЫ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

1. Среди ответов найдите правильное продолжение определения

*Титриметрический метод анализа основан на измерении...*

- а) массы осажденной формы определяемого компонента
- б) объема газа, участвующего в реакции с определяемым компонентом
- в) точных объемов реагирующих веществ
- г) плотности раствора, содержащего определяемый компонент

2. К точной мерной посуде относят

- а) бюретки, пипетки, мерные колбы
- б) промывалки, часовые стекла
- в) мерные цилиндры, мензурки
- г) колбы для титрования

3. Требованием, которое не предъявляется к стандартным веществам, является

- а) устойчивость при хранении
- б) известный стехиометрический состав
- в) летучесть
- г) отсутствие примесей

4. Точка эквивалентности – это

- а) окончание реакции
- б) добавление индикатора
- в) отбор пробы
- г) добавление титранта

5. Точность взвешивания на аналитических весах

- а) 0.1 г
- б) 0.01 г
- в) 0.001 г
- г) 0.0001 г

6. Продолжите определение: *Кисотно-основное титрование основано на реакции...*

- а) комплексообразования
- б) нейтрализации

- в) осаждения
- г) окисления - восстановления

7. В кислотно-основном титровании используют индикаторы

- а) метиловый оранжевый, фенолфталеин
- б) хромоген черный, мурексид
- в) мурексид, фенолфталеин
- г) крахмал, метиловый оранжевый

8. В качестве стандартного раствора для определения концентрации щелочей используют раствор

- а) серной кислоты
- б) соляной кислоты
- в) трилона Б
- г) щавелевой кислоты

9. Кривая титрования – это

- а) график зависимости изменения рН от объема, добавленного титранта
- б) отрицательный десятичный логарифм, взятый от концентрации катионов водорода в растворе
- в) основная расчетная формула в титриметрии
- г) постепенное добавление титранта к аналиту

10. Титриметрический метод основан на

- а) законе сохранения массы веществ
- б) законе постоянства состава
- в) законе эквивалентов
- г) периодическом законе

11. Индикатором для титрования серной кислоты гидроксидом калия является

- а) хромоген
- б) крахмал
- в) фенолфталеин
- г) мурексид

12. Для титрования гидроксида калия соляной кислотой подходит индикатор

- а) хромоген
- б) метиловый оранжевый
- в) крахмал
- г) мурексид

13. Карбонатная (временная) жесткость природной воды обусловлена присутствием

- а) сульфатов и хлоридов
- б) катионов кальция и магния
- в) нитратов и карбонатов
- г) гидрокарбонатов

14. Титрантом и индикатором при определении карбонатной (временной) жесткости природной воды являются

- а) соляная кислота и метиловый оранжевый
- б) трилон Б и хромоген черный
- в) трилон Б и мурексид

г) тиосульфат натрия и крахмал

15. Продолжите определение:

*Комплексонометрическое титрование основано на реакции ...*

- а) комплексообразования
- б) нейтрализации
- в) осаждения
- г) окисления - восстановления

16. Общая жесткость природной воды обусловлена содержанием

- а) сульфатов и хлоридов
- б) катионов кальция и магния
- в) нитратов и карбонатов
- г) катионов натрия и калия

17. Титрантом для определения общей жесткости природной воды является

- а) соляная кислота
- б) гидроксид натрия
- в) перманганат калия
- г) трилон Б

18. Определение общей жесткости природной воды проводят в

- а) кислой среде
- б) характер среды не влияет на определение
- в) щелочной среде
- г) нейтральной среде

19. Индикатором для определения общей жесткости природной воды является

- а) фенолфталеин
- б) хромоген черный
- в) мурексид
- г) крахмал

20. Раствором, добавляемым к титруемой пробе при определении общей жесткости с хромогеном для поддержания  $pH=9$ , является

- а) хлорид натрия
- б) аммиачный буферный раствор
- в) серная кислота
- г) гидроксид натрия

21. При определении общей жесткости воды в точке эквивалентности окраска раствора меняется

- а) от бесцветной к розовой
- б) от желтой к оранжевой
- в) от винно-красной до сине-зеленой
- г) от сине-фиолетовой к бесцветной

22. Титрантом для определения содержания ионов кальция в растворе является

- а) соляная кислота
- б) гидроксид натрия
- в) перманганат калия
- г) трилон Б

23. Для определения содержания катионов кальция в растворе используют индикатор

- а) хромоген черный
- б) метиловый оранжевый
- в) фенолфталеин
- г) мурексид

24. Продолжите определение:

*Окислительно-восстановительное титрование основано на реакции ...*

- а) комплексообразования
- б) нейтрализации
- в) осаждения
- г) окисления - восстановления

25. Индикатором в перманганатометрии является

- а) фенолфталеин
- б) титрант – перманганат калия
- в) крахмал
- г) хромоген черный

26. Окислительно-восстановительное титрование проводят в:

- а) кислой среде
- б) характер среды не влияет на определение
- в) щелочной среде
- г) нейтральной среде

27. В перманганатометрии при достижении точки эквивалентности окраска раствора меняется

- а) от бесцветной к розовой
- б) от желтой к оранжевой
- в) от красной к оранжевой
- г) от сине-фиолетовой к бесцветной

28. Индикатором для определения содержания йода в растворе является

- а) хромоген черный; б) фенолфталеин; в) лакмус; г) крахмал.

29. Для определения содержания йода в растворе используют

- а) серную кислоту
- б) фенолфталеин
- в) тиосульфат натрия
- г) крахмал

30. При йодометрическом титровании окраска крахмала в момент эквивалентности меняется

- а) от бесцветной к розовой
- б) от желтой к оранжевой
- в) от красной к оранжевой
- г) от сине-фиолетовой к бесцветной



## 3.6 Типовые ситуативные задания

### Решение ситуативных задач

#### Вариант 1

1. Вычислите молярную массу эквивалента для веществ:  
а)  $\text{Ba}(\text{OH})_2$ ; б)  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ;  
в)  $\text{NH}_3$  в реакции  $\text{NH}_3 + \text{O}_2 = \text{N}_2 + \text{H}_2\text{O}$ .
2. Навеску  $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  массой 0,6000 г растворили в мерной колбе вместимостью 100,0 мл. На титрование аликвоты 20,00 мл полученного раствора израсходовано 18,34 мл  $\text{NaOH}$ . Определить молярную концентрацию раствора  $\text{NaOH}$  и его титр.
3. Рассчитать карбонатную жесткость воды, если на титрование аликвоты 200 мл природной воды израсходовано 8,43 мл 0,1012н. раствора  $\text{HCl}$ .
4. Построить кривые кислотно-основного титрования 0.2н. раствора  $\text{CH}_3\text{COOH}$  0.1н. раствором  $\text{NaOH}$ , указать область скачка титрования и подобрать индикаторы.
5. На титрование 25,00 мл раствора  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  израсходовано 10,81 мл 0,1 н раствора  $\text{HCl}$ . Какую нормальность и молярность имеет анализируемый раствор? Сколько граммов  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  содержится в растворе?

#### Вариант 2

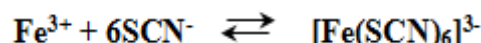
1. Вычислите молярную массу эквивалента для веществ:  
а)  $\text{H}_3\text{PO}_4$ ; б)  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ; в)  $\text{SO}_2$  в реакции  $2\text{SO}_2 + \text{O}_2 = 2\text{SO}_3$ .
2. Сколько граммов перманганата калия потребуется для приготовления 750 мл 0.05н. раствора? Реактив используют в окислительно-восстановительной аналитической реакции, фактор эквивалентности  $\text{KMnO}_4$  равен 1/5.
3. Рассчитать общую жесткость воды, если на титрование аликвоты 150 мл природной воды израсходовано 10,05 мл 0,05121н. раствора трилона Б.
4. Построить кривые кислотно-основного титрования 0.3н. раствора  $\text{NH}_4\text{OH}$  0.15н. раствором  $\text{HCl}$ , указать область скачка титрования и подобрать индикаторы.
5. Вычислить объем р-ра  $\text{HNO}_3$  с концентрацией 0,065 моль/л, необходимый для титрования раствора, содержащего 0,1 г гидроксида калия.

### Выполнение ситуативных заданий

#### Лабораторная работа № 1

#### Определение содержания железа (III) в растворе фотоэлектроколориметрическим методом

**Сущность метода.** Ионы железа (III) образуют с тиоцианат-ионами интенсивно окрашенное кроваво-красное комплексное соединение, имеющее переменный состав в зависимости от концентрации тиоцианат-ионов. Химизм процесса выражается, например, следующей реакцией:



Интенсивность окраски возрастает с увеличением концентрации тиоцианат-ионов. Поэтому для выполнения основного закона светопоглощения определение следует проводить при большом избытке тиоцианата калия. Кроме того, вследствие гидролиза раствор соли железа (III) содержит относительно мало ионов  $\text{Fe}^{3+}$ . Добавление же сильной кислоты подавляет гидролиз и, следовательно, усиливает получаемую в результате реакции окраску раствора. Показано, что наиболее устойчивой окраска получается в присутствии азотной кислоты. В связи с достаточно сложным характером протекания исследуемой химической реакции необходимо фотометрировать растворы сразу же после их приготовления.

**Необходимое оборудование и реактивы:**

1. Фотоэлектроколориметр КФК-2.
2. Мерные колбы вместимостью 50 мл – 7 шт.
3. Бюретки вместимостью 25 мл – 2 шт.
4. Пипетки градуированные вместимостью 5 или 10 мл.
5. Цилиндры мерные вместимостью 10 мл.
6. Стандартный раствор соли железа (III) с титром  $T = 0.1$  мг/мл.
7. Раствор азотной кислоты (1:1).
8. Раствор тиоцианата калия ( $\omega(\text{KSCN}) = 10\%$ )

**Выполнение работы:**

**1. Снятие спектральной характеристики раствора.** Подбор светофильтра ведется по калибровочному раствору средней концентрации (табл. 2, колба № 4). В мерную колбу на 50 мл, содержащую 3 мл стандартного раствора хлорида железа (III), добавляют 1 мл азотной кислоты, 5 мл тиоцианата калия и доливают дистиллированную воду до метки. Готовят раствор сравнения: в колбу на 50 мл отмеряют 1 мл азотной кислоты, 5 мл тиоцианата калия и доливают дистиллированную воду до метки.

Для измерения берут две одинаковые кюветы. Одну из них заполняют исследуемым окрашенным раствором, а другую – раствором сравнения. Кюветы устанавливают в гнезда кюветодержателя. Ручкой регулировки светофильтров устанавливают первую длину волны, соответствующую видимой области спектра – 400 нм и измеряют величину оптической плотности раствора. Измерения повторяют при всех длинах волн до 750 нм включительно для кювет разной рабочей длины. Результаты измерений заносят в таблицу 1. По полученным данным строят график, откладывая по оси абсцисс длины волн ( $\lambda$ , нм), а по оси ординат – соответствующие им значения оптической плотности раствора ( $D$ ). Делают выбор светофильтра.

**2. Выбор кюветы.** При выборе кювет в одну из них наливают раствор средней концентрации и измеряют его оптическую плотность, введя в ход лучей предварительно выбранный светофильтр. Если значение оптической плотности соответствует середине шкалы прибора (0.3 – 0.5), то кювету оставляют, если нет – берут кювету с большей или меньшей рабочей длиной. Делают выбор кюветы.

Таблица 1

№ п/п	$\lambda$ , нм	Цвет светофильтра	$D$ , для кювет с рабочей длиной $l$ , мм		
			5	10	20
1.	400				
2.	440				
3.	490				
4.	540				
5.	590				
6.	670				
7.	750				

**3. Построение градуировочного графика.** В мерные колбы на 50 мл с помощью пипеток помещают по 0.5; 1.0; 2.0; 3.0; 4.0 и 5.0 мл стандартного раствора соли железа (III). В каждую колбу добавляют по 1 мл раствора азотной кислоты, по 5 мл раствора тиоцианата калия и доливают дистиллированной водой до метки непосредственно перед фотометрированием, т.к. окраска получаемого соединения неустойчива. После добавления дистиллированной воды содержимое каждой колбы тщательно перемешивают.

Оптическую плотность каждого раствора измеряют не менее трех раз и рассчитывают среднее арифметическое. Титр градуировочных растворов вычисляют по формуле:

$$T = \frac{T_{CT} \cdot V_{CT}}{V_{\text{колбы}}}, \quad \text{мг/мл,}$$

где  $T_{СТ}$  – титр стандартного раствора соли железа (III), мг/мл;  
 $V_{СТ}$  – объем стандартного раствора соли железа (III), мл;  
 $V_{колбы}$  – объем мерной колбы, мл.

Результаты измерений и расчетов заносят в таблицу 2. По результатам средних арифметических значений оптических плотностей растворов строят градуировочный график в координатах оптическая плотность ( $D$ ) – титр раствора ( $T$ , мг/мл).

Таблица 2

№ колбы	$V_{СТ}$ , мл	$T$ , мг/мл	$D$			
			$D_1$	$D_2$	$D_3$	$D_{ср}$
1.	0.5					
2.	1.0					
3.	2.0					
4.	3.0					
5.	4.0					
6.	5.0					

**4. Определение концентрации железа (III) в контрольном растворе.** У преподавателя получают контрольный раствор с неизвестной концентрацией ионов железа (III). В мерную колбу вместимостью 50 мл помещают точно отмеренный объем контрольного раствора. Готовят его к работе так же, как и стандартные растворы, используемые для построения градуировочного графика (т. е. добавляют к нему 1 мл раствора азотной кислоты и 5 мл раствора тиоцианата калия, доводят до метки дистиллированной водой и тщательно перемешивают). Трижды определяют оптическую плотность приготовленного раствора в тех же условиях, что и при построении градуировочного графика (та же кювета и длина волны). Используя среднее значение измеренной оптической плотности, по калибровочному графику определяют титр приготовленного раствора соли железа (III), титр контрольного раствора рассчитывают по формуле:

$$T = \frac{T_X \cdot V_{колбы}}{V_X},$$

где  $T_X$  – титр приготовленного раствора,  $V_X$  – объем контрольного раствора.

Массу соли железа (III) в контрольном растворе рассчитывают по формуле:

$$m = T \cdot V_X$$

#### Контрольные вопросы:

1. Сформулируйте закон Бугера-Ламберта-Бера. Какие факторы влияют на величину молярного коэффициента светопопускания?
2. Что такое оптическая плотность и светопопускание раствора? Как они связаны друг с другом?
3. Приведите оптическую схему фотоэлектроколориметра (ФЭК). Что такое монохроматизатор? Какое явление лежит в основе регистрации аналитического сигнала в ФЭКе?
4. Что такое спектральная характеристика? Каким образом делают выбор светофильтра при работе на ФЭКе?
5. Каким образом делают выбор кюветы при работе на ФЭКе?
6. В чем сущность методики определения железа (III)? Какие еще формы железа встречаются в природе и почему их анализ актуален?

#### Лабораторная работа № 2

#### Определение рН растворов электролитов и активности в них ионов водорода

Содержание катионов водорода в водных растворах является важной характеристикой. Кислотность почвы, значение рН биологических жидкостей имеют большое значение для

жизнедеятельности растений и животных. Технологические процессы должны протекать при соблюдении необходимого уровня pH растворов.

**Сущность метода.** При ионометрическом определении pH используют водород-селективный стеклянный электрод в качестве индикаторного и хлорид-серебряный в качестве электрода сравнения.

**Необходимые оборудование и реактивы**

1. pH-метр pH-150M, иономер ЭВ-74, электрохимическая ячейка.
2. Стеклянные стаканчики для измерения pH. Мерная посуда.
4. Стандартизированные 0.1н растворы электролитов: NaOH, HCl, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.

**Выполнение работы**

**1. Приготовление буферных растворов и калибровка приборов.**

Для калибровки приборов pH-150M, ЭВ-74 используют стандартные буферные растворы, которые готовят из фиксаналов (стандарт-титров). По указанию преподавателя готовят два буферных раствора с разным значением pH. Для этого, используя набор стеклянных бойков, воронку и промывалку, количественно переносят содержимое соответствующего стандарт-титра в мерную колбу объёмом 1л. Растворяют навеску и доводят объём раствора дистиллированной водой до метки, перемешивают.

Калибровка прибора заключается в корректировке его показаний так, чтобы в измеряемом диапазоне pH соблюдалась водородная функция стеклянного электрода. Для этого выбирают буферные растворы с граничными значениями pH измеряемого диапазона. Вначале настраивают прибор по нижнему значению pH, а затем корректируют крутизну электродной функции по буферному раствору с высоким значением pH. Повторяют измерения до тех пор, пока показания прибора не будут совпадать с номинируемым значением pH буферного раствора. Всю процедуру настройки выполняют в соответствии с правилами работы на приборах.

**2. Измерение pH растворов электролитов.**

Для выполнения работы берут 0.1н стандартные растворы HCl, NaOH и H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> по указанию преподавателя последовательно разбавляют их в 10, 100 и 1000 раз. Соблюдая правила работы на приборах, измеряют pH растворов, а затем, пользуясь формулами, указанными в таблице, рассчитывают активность и коэффициент активности ионов водорода в растворах кислот и гидроксид-анионов в растворах щелочи. Заполняют таблицу:

Электролит	Концентрация кислоты или щелочи <i>c</i> , моль/л	<i>pH</i>	<i>pOH</i>	Активность иона $a_{H^+} = 10^{-pH}$ или $a_{OH^-} = 10^{-pOH}$	Коэффициент активности иона (H <sup>+</sup> или OH <sup>-</sup> ) $\gamma = \frac{a}{c}$

По результатам измерений и расчётов делают выводы о влиянии концентрации раствора на коэффициент активности ионов.

**Контрольные вопросы:**

1. Объясните механизм формирования электродного потенциала на примере металлического электрода в растворе его соли.
2. Какие факторы влияют на величину равновесного электродного потенциала? Приведите выражение уравнения Нернста. Что такое стандартный электродный потенциал?
3. На чем основан потенциометрический анализ? Как измеряют электродный потенциал?
4. Назовите группы потенциометрических методов анализа.
5. Ионометрия. Электрохимические характеристики ионоселективных электродов.

Полный перечень ситуационных заданий содержится в учебно-методическом обеспечении дисциплины (раздел 6 рабочей программы).

#### **4. Методические материалы, определяющие процедуру оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций**

##### **4.1 Положение о формах, периодичности и порядке проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся: П ВГАУ 1.1.05 – 2014**

##### **4.2 Методические указания по проведению текущего контроля**

1.	Сроки проведения текущего контроля	На практических занятиях
2.	Место и время проведения текущего контроля	В учебной аудитории в течение лабораторного занятия
3.	Требования к техническому оснащению аудитории	В соответствии с ООП и рабочей программой
4.	Ф.И.О. преподавателя (ей), проводящих процедуру контроля	Дьяконова О.В. или преподаватель, проводящий занятие. Промежуточную аттестацию проводит преподаватель, ведущий курс.
5.	Вид и форма заданий	Собеседование
6.	Время для выполнения заданий	В течение занятия
7.	Возможность использования дополнительных материалов.	Обучающийся может пользоваться дополнительными материалами
8.	Ф.И.О. преподавателя (ей), обрабатывающих результаты	Дьяконова О.В. или преподаватель, проводящий занятие. Промежуточную аттестацию проводит преподаватель, ведущий курс.
9.	Методы оценки результатов	Экспертный
10.	Предъявление результатов	Оценка выставляется в журнал и доводится до сведения обучающихся в течение занятия
11.	Апелляция результатов	В порядке, установленном нормативными документами, регулирующими образовательный процесс в Воронежском ГАУ

### **4.3 Ключи (ответы) к контрольным заданиям, материалам, необходимым для оценки знаний**

#### **ТЕСТ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ**

1. в)	21. в)
2. г)	22. б)
3. в)	23. б)
4. б)	24. г)
5. а), б)	25. г)
6. б)	26. г)
7. г)	27. в)
8. а)	28. г)
9. б)	29. г)
10. в)	30. в)
11. а)	31. а)
12. в)	32. в)
13. а)	33. а), в)
14. в)	34. в)
15. а)	35. б)
16. б)	36. г)
17. б)	37. а), б), в)
18. г)	38. в)
19. б)	39. в)
20. в)	40. г)

#### **ТЕСТЫ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ**

1. в)	16. б)
2. а)	17. г)
3. в)	18. в)
4. а)	19. б)
5. г)	20. б)
6. б)	21. в)
7. а)	22. г)
8. г)	23. г)
9. а)	24. г)
10. в)	25. б)
11. в)	26. а)
12. б)	27. а)
13. г)	28. г)
14. а)	29. в)
15. а)	30. г)