

Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова  
Химический факультет

УТВЕРЖДАЮ

И.о. декана химического  
факультета, профессор РАН



/С.С. Кар-  
лов/

«30» августа 2025 г.

## **ОЦЕНОЧНЫЕ И МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ (ФОС)**

для оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю):

**Аналитическая химия**

**Уровень высшего образования:**

Специалитет

---

**Направление подготовки (специальность):**

04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия

**Направленность (профиль) ОПОП:**

Аналитическая химия, Биохимия и биотехнология, Медицинская химия,  
Молекулярная биология и биоорганическая химия, Нефтехимия,  
Органическая химия, Радиохимия, Теория и методика обучения химии,  
Физическая химия, Химия неорганических веществ и материалов, Химия и  
технология композиционных и полимерных материалов, Экологическая  
химия и экоадаптивные технологии

---

**Форма обучения:**

очная

---

ФОС рассмотрен и одобрен  
Учебно-методической комиссией факультета  
(протоколы №16 от 07.06.2023, №23 от 25.03.2025 г.)

Москва 2025

Фонд оценочных средств по дисциплине Аналитическая химия разработан в соответствии с самостоятельно установленным МГУ образовательным стандартом (ОС МГУ) для реализуемых основных профессиональных образовательных программ высшего образования по направлению подготовки / специальности 04.05.01 «Фундаментальная и прикладная химия» (программа специалитета), утвержденного приказом МГУ от 29 декабря 2018 года № 1770 (с изменениями по приказу № 1109 от 11.09.2019, № 609 от 10 июня 2021 года, № 700 от 29 мая 2023 года, № 1108 от 30 августа 2024 года, № 476 от 07 апреля 2025 года, решения Ученого совета МГУ от 25 апреля 2023 года).

## 1. Требования к результатам освоения дисциплины (модуля) Аналитическая химия

Компетенция	Индикаторы достижения	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю)
<p><b>ОПК-1 (на уровне специалиста).</b> Способен решать современные проблемы фундаментальной и прикладной химии, используя методологию научного подхода и систему фундаментальных химических понятий и законов</p>	<p><b>ОПК-1.1.</b> Воспринимает информацию химического содержания, систематизирует и анализирует ее, оценивает актуальность и степень новизны данных</p>	<p><b>Знать:</b> основные закономерности химических равновесий и процессов в гомогенных и гетерогенных системах  <b>Знать:</b> теоретические основы химических и современных инструментальных методов анализа, области их практического применения</p>
	<p><b>ОПК-1.3.</b> Предлагает интерпретацию результатов собственных экспериментов и расчетно-теоретических работ с использованием теоретических основ традиционных и новых разделов химии</p>	<p><b>Уметь:</b> формулировать и решать конкретные задачи на основе законов и закономерностей, освоенных в курсе аналитической химии</p>
	<p><b>ОПК-1.4.</b> Формулирует заключения и выводы по результатам анализа литературных данных, собственных экспериментальных и расчетно-теоретических работ химической направленности</p>	<p><b>Уметь:</b> формулировать заключения и выводы по результатам анализа литературных и собственных экспериментальных данных в области аналитической химии</p>
<p><b>ОПК-2 (на уровне специалиста).</b> Способен проводить химический эксперимент с соблюдением норм безопасного обращения с химическими материалами, адекватно оценивая возможные риски с учетом свойств веществ</p>	<p><b>ОПК-2.1.</b> Работает с химическими веществами с соблюдением норм техники безопасности</p>	<p><b>Знать:</b> правила техники безопасности при работе в химической лаборатории  <b>Уметь:</b> работать с химическими веществами с соблюдением норм техники безопасности</p>
	<p><b>ОПК-2.3.</b> Проводит стандартные операции для определения химического и фазового состава веществ и материалов на их основе</p>	<p><b>Уметь:</b> корректно интерпретировать результаты определения химического и фазового состава веществ и материалов различной природы  <b>Владеть:</b> техникой аналитического эксперимента</p>

		<b>Владеть</b> навыками работы на современных аналитических приборах
<b>ОПК-3 (на уровне специалиста).</b> Владеет методами регистрации и обработки результатов экспериментов, в том числе, полученных на современном научном оборудовании	<b>ОПК-3.2.</b> Систематизирует и анализирует результаты химических экспериментов, наблюдений, измерений	<b>Знать:</b> требования к оформлению и представлению результатов аналитических работ <b>Уметь:</b> проводить математическую обработку данных химического анализа, обобщать полученные результаты <b>Владеть:</b> простейшими расчетными методами решения аналитических задач
	<b>ОПК-3.3.</b> Оценивает возможные источники ошибок при проведении эксперимента и корректность полученных данных	<b>Уметь:</b> оценивать возможные источники ошибок и корректность полученных данных
<b>ОПК-7 (на уровне специалиста).</b> Способен собирать, анализировать, обрабатывать и представлять информацию с использованием современных компьютерных технологий, общих и профессиональных баз данных.	<b>ОПК-7.1</b> Использует современные компьютерные технологии при сборе информации химического профиля с использованием общих и профессиональных баз данных	<b>Знать:</b> основные базы данных химического профиля <b>Уметь:</b> корректно составлять поисковый запрос информации химического содержания <b>Владеть:</b> навыками работы с профессиональными базами данных химического профиля
	<b>ОПК-7.2</b> Использует современные компьютерные технологии при анализе, обработке и представлении результатов профессиональной деятельности	<b>Знать:</b> современные подходы к обработке и представлению результатов химического анализа <b>Уметь:</b> корректно составлять поисковый запрос информации химического содержания <b>Уметь:</b> применять вычислительные технологии при обработке и представлении результатов химического анализа <b>Владеть:</b> навыками работы с профессиональными базами данных химического профиля

## 2. Оценочные средства для текущего контроля и самостоятельной работы

### 2.1. Текущий контроль.

#### Образцы задач контрольных работ по темам:

## Химическое равновесие, кислотно-основное равновесие и кислотно-основное титрование

1. Рассчитайте активности ионов калия и сульфата в 0,0200 М растворе сульфата калия.
2. Термодинамическая константа диссоциации азотистой кислоты равна  $6,2 \cdot 10^{-4}$ . Рассчитайте реальную константу диссоциации кислоты в растворе с ионной силой 0,10.
3. Рассчитайте равновесную концентрацию сульфит-иона в 0,0500 М растворе сульфита калия при pH 7,00. Для  $\text{H}_2\text{SO}_3$ :  $K_{a1} = 1,4 \cdot 10^{-2}$ ,  $K_{a2} = 6,2 \cdot 10^{-8}$ .
4. При каком pH равновесная концентрация карбонат-иона в 0,0100 М растворе карбоната натрия равна 0,0080 М? Для  $\text{H}_2\text{CO}_3$ :  $K_{a1} = 4,5 \cdot 10^{-7}$ ,  $K_{a2} = 4,8 \cdot 10^{-11}$ .
5. Рассчитайте общую концентрацию оксалата натрия, обеспечивающую равновесную концентрацию оксалат-иона  $2 \cdot 10^{-3}$  М при pH 3,00. Для  $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ :  $K_{a1} = 5,6 \cdot 10^{-2}$ ,  $K_{a2} = 5,4 \cdot 10^{-5}$ .
6. Рассчитайте pH раствора, полученного смешением 20,0 мл 0,0500 М HCl и 20,0 мл раствора, в котором  $[\text{HCO}_3^-] = 0,1000$  моль/л.
7. Для  $\text{H}_2\text{CO}_3$ :  $K_{a1} = 4,5 \cdot 10^{-7}$ ,  $K_{a2} = 4,8 \cdot 10^{-11}$ .
8. Каков состав карбонатного буфера, способного обеспечить постоянство pH =  $10,00 \pm 0,05$  при добавлении к 200,0 мл его 0,0050 моль сильного основания или кислоты? Для  $\text{H}_2\text{CO}_3$ :  $K_{a1} = 4,5 \cdot 10^{-7}$ ,  $K_{a2} = 4,8 \cdot 10^{-11}$ .
9. Сколько граммов твердого формиата натрия следует добавить к 0,200 л безводной муравьиной кислоты ( $pK_{SH} = 6,7$ ), чтобы pH полученного раствора составил 5,0? Ионную силу не учитывать.
10. Вычислить интервал изменения pH буферного раствора 0,4000 М по NaHCO<sub>3</sub> и 0,5000 М по Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, если к 100,0 мл его добавить: а) 10,00 ммоль HCl; б) 40,00 ммоль NaOH. Для  $\text{H}_2\text{CO}_3$ :  $K_{a1} = 4,5 \cdot 10^{-7}$ ,  $K_{a2} = 4,8 \cdot 10^{-11}$ .
11. При титровании 0,0100 М раствора HCl 0,0100 М NaOH использовали индикаторы фенолфталеин (pT=9,0) и метиловый оранжевый (pT=4,0). Покажите расчетами, какой из индикаторов использовать целесообразнее.
12. Какой индикатор даст возможность оттитровать 0,1000 М раствор NH<sub>3</sub> 0,1000 М раствором HCl с меньшей погрешностью: метиловый оранжевый (pT=4,0) или метиловый красный (pT=5,0)? Подтвердите расчетами индикаторных погрешностей. Для NH<sub>3</sub>:  $K_b = 1,76 \cdot 10^{-5}$

## Окислительно-восстановительное равновесие и окислительно-восстановительное титрование

1. Почему восстановление с помощью серебряного редуктора целесообразнее проводить в среде HCl, а не H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Ответ подтвердите расчетами.  $K_s^\circ(\text{AgCl}) = 1,78 \cdot 10^{-10}$ ,  $K_s^\circ(\text{Ag}_2\text{SO}_4) = 1,51 \cdot 10^{-5}$ .  $E^\circ_{\text{Ag}^+/\text{Ag}} = 0,80\text{В}$ .
2. В каком случае и почему восстановительная способность железа (II) будет выше: в среде 1М H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> или 1М H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>? Выведите выражение для соответствующего стандартного потенциала.

3. Выведите выражение для стандартного потенциала системы цианидных комплексов железа  $\text{Fe}(\text{CN})_6^{3-}/\text{Fe}(\text{CN})_6^{4-}$ , исходя из стандартного потенциала пары  $\text{Fe}(\text{III})/\text{Fe}(\text{II})$ .
4. В каком случае и почему восстановительная способность серебра будет выше? Выведите выражение для соответствующего стандартного потенциала: а) 1М KCN; б) 1М  $\text{NH}_3$ .  $\beta(\text{Ag}(\text{CN})_4^{3-}) = 2,6 \cdot 10^{19}$ ,  $\beta(\text{Ag}(\text{NH}_3)_2^+) = 1,6 \cdot 10^7$ .
5. При анализе раствора (рН=0), содержащего ионы  $\text{TiO}_2^{2+}$  и  $\text{Fe}^{3+}$ , одну порцию раствора пропустили через редутор Вальдена ( $\text{AgCl} + \text{e} = \text{Ag} + \text{Cl}^-$ ), а другую через редутор Джонса ( $\text{Zn}^{2+} + 2\text{e} = \text{Zn}$ ). Укажите состав полученных растворов, подтвердив ответ расчетами.  $E^\circ_{\text{AgCl}/\text{Ag}} = 0,22 \text{ В}$ ,  $E^\circ_{\text{Zn}^{2+}/\text{Zn}} = -0,76 \text{ В}$ ,  $E^\circ_{\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}} = 0,77 \text{ В}$ ,  $E^\circ_{\text{TiO}_2^{2+}/\text{Ti}^{3+}} = 0,10 \text{ В}$ .
6. Рассчитайте ЭДС ячейки:
7.  $\text{Pt} \mid \text{UO}_2^{2+} (1,0 \cdot 10^{-1} \text{ М}), \text{U}^{4+} (1,0 \cdot 10^{-2} \text{ М}), \text{H}^+ (1,0 \cdot 10^{-6} \text{ М}) \mid \mid \text{AgCl}(\text{нас}), \text{KCl} (1,0 \cdot 10^{-4} \text{ М}) \mid \text{Ag}$   
и укажите является ли она гальваническим элементом или электролитической ячейкой.  $E^\circ_{\text{UO}_2^{2+}/\text{U}^{4+}} = 0,33 \text{ В}$ ,  $E^\circ_{\text{Ag}^+/\text{Ag}} = 0,80 \text{ В}$ .  $K_s^\circ(\text{AgCl}) = 1,8 \cdot 10^{-10}$ .
8. Рассчитайте константу равновесия реакции между ионами  $\text{IO}_3^-$  и  $\text{I}^-$  в растворе, в котором потенциал водородного электрода равен  $-0,30 \text{ В}$ . При каком значении рН реакция не происходит?  $E^\circ_{\text{IO}_3^-/\text{I}_2} = 1,17 \text{ В}$ .  $E^\circ_{\text{I}_2/\text{I}^-} = 0,54 \text{ В}$ .
9. Рассчитайте константу равновесия реакции между ионами  $\text{BrO}_3^-$  и  $\text{Br}^-$  при рН 2,0. Укажите фактор эквивалентности окислителя.  $E^\circ_{\text{BrO}_3^-/\text{Br}_2} = 1,52 \text{ В}$ ,  $E^\circ_{\text{Br}_2/2\text{Br}^-} = 1,09 \text{ В}$ .
10. Рассчитайте константу равновесия реакции между ионами  $\text{NaBiO}_3$  и ионами  $\text{Mn}^{2+}$  при рН 2,0. Укажите фактор эквивалентности окислителя.  $E^\circ(\text{BiO}_3^-, \text{H}^+/\text{Bi}^{3+}) = 1,80 \text{ В}$ ,  $E^\circ_{\text{MnO}_4^-/\text{Mn}^{2+}} = 1,51 \text{ В}$ .
11. Рассчитайте константу равновесия реакции между ионами  $\text{UO}_2^{2+}$  и ионами  $\text{Cu}(\text{I})$  в растворе, в котором потенциал водородного электрода равен  $+0,05 \text{ В}$ . При каком значении рН реакция не происходит? Укажите фактор эквивалентности окислителя.
12. Вычислите равновесные концентрации ионов  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{MnO}_4^-$  в растворе, полученном при смешивании 20 мл 0,1 М раствора  $\text{KMnO}_4$  и 20 мл раствора  $\text{FeSO}_4$  при рН 0.  $E^\circ_{\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}} = 0,77 \text{ В}$ ,  $E^\circ_{\text{MnO}_4^-/\text{Mn}^{2+}} = 1,51 \text{ В}$ .
13. Рассчитайте равновесные концентрации ионов  $\text{Cd}(\text{II})$  и  $\text{Fe}(\text{II})$  после встряхивания 0,05 М раствора  $\text{CdSO}_4$  с избытком железных опилок.  $E^\circ_{\text{Fe}(\text{II})/\text{Fe}} = -0,44 \text{ В}$ ,  $E^\circ_{\text{Cd}(\text{II})/\text{Cd}} = -0,403 \text{ В}$ .
14. Вычислите индикаторную погрешность титрования  $\text{VO}^{2+}$  раствором  $\text{Ce}(\text{IV})$  при рН 0 с фенилантрапиновой кислотой в качестве индикатора. Полученный результат сравните с индикаторной погрешностью титрования, когда раствор  $\text{VO}^{2+}$  прибавляют к раствору  $\text{Ce}(\text{IV})$ .  $E^\circ(\text{VO}_2^+/\text{VO}^{2+}) = 1,06 \text{ В}$ ,  $E^\circ_{\text{Ce}(\text{VI})/\text{Ce}(\text{III})} = 1,44 \text{ В}$ ,  $E^\circ_{\text{инд}} = 1,09 \text{ В}$ .
15. Вычислите индикаторную погрешность титрования железа (III) раствором титана (III) рН 0, если в качестве индикатора используют сафранин Т. Полученный результат сравните с индикаторной погрешностью титрования, когда раствор железа (III) прибавляют к раствору титана (III).  $E^\circ(\text{TiO}_2^{2+}/\text{Ti}^{3+}) = 0,11 \text{ В}$ ,  $E^\circ_{\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}} = 0,77 \text{ В}$ ,  $E^\circ_{\text{инд}} = 0,24 \text{ В}$ .

16. Навеску феррохрома растворили и окислили хром до  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ . К полученному раствору добавили 25,00 мл 0,1000 М раствора соли Мора, на титрование избытка которой пошло 3,50 мл 0,0500 М ( $1/5 \text{KMnO}_4$ ) раствора перманганата калия. Найденное содержание хрома составляет 8,06%. Рассчитайте массу исходной навески сплава.
17. Для определения мочевины к анализируемой пробе добавили 30,00 мл 0,1000 М ( $1/2 \text{Br}_2$ ) раствора брома и 60,00 мл 0,5000 М NaOH. По окончании окисления мочевины:  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2 + 3\text{Br}_2 + 6\text{OH}^- = \text{CO}_2 + \text{N}_2 + 5\text{H}_2\text{O} + 6\text{Br}^-$  Раствор подкислили до pH 2,0 и на титрование избытка брома израсходовали 5,50 мл 0,0500 М ( $1/2 \text{NaAsO}_2$ ) раствора арсенита натрия. Рассчитайте а) содержание (мг) мочевины в пробе. Мол. массы мочевины 60,06; б) потенциал, при котором погрешность титрования брома  $\geq +0,5\%$ .  $E^\circ (\text{H}_3\text{AsO}_4 / \text{HAsO}_2) = 0,56 \text{ В}$ ,  $E^\circ_{\text{Br}_2/\text{Br}^-} = 1,05 \text{ В}$ ,  $E^\circ_{\text{инд}} = 0,24 \text{ В}$ .

### Равновесие в растворах комплексных соединений и комплексометрическое титрование

1. Сколько миллилитров 2,0 М раствора  $\text{NH}_3$  необходимо добавить к 200 мл 0,0500 М раствора  $\text{AgNO}_3$ , чтобы концентрация ионов серебра понизилась до  $1,0 \cdot 10^{-5} \text{ М}$ ?  $\beta_2(\text{Ag}(\text{NH}_3)_2) = 1,62 \cdot 10^7$ .
2. В 1,0 М растворе  $\text{KSCN}$  содержится 0,0100 М  $\text{Ag}(\text{SCN})_4^{3-}$ . Сколько миллилитров 2,0 М раствора  $\text{KCN}$  необходимо добавить к 200 мл этого раствора, чтобы концентрация  $\text{Ag}(\text{SCN})_4^{3-}$  понизилась до  $1,0 \cdot 10^{-4} \text{ М}$  за счет образования комплекса  $\text{Ag}(\text{CN})_4^{3-}$ ?  $\beta(\text{Ag}(\text{SCN})_4^{3-}) = 1,5 \cdot 10^{11}$ ,  $\beta(\text{Ag}(\text{CN})_4^{3-}) = 2,6 \cdot 10^{19}$ ?
3. Рассчитайте pH, при котором в растворе, содержащем 0,0100 М  $\text{FeCl}_3$  и 0,1000 М  $\text{NaH}_2\text{PO}_4$ , 99% железа (III) находится в виде комплексов  $\text{FeHPO}_4^+$ .  $\lg \beta(\text{FeHPO}_4^+) = 9,35$ ;  $K \text{H}_3\text{PO}_4 = 7,1 \cdot 10^{-3}$ ,  $K \text{H}_2\text{PO}_4^- = 6,2 \cdot 10^{-8}$ ,  $K \text{HPO}_4^{2-} = 4,7 \cdot 10^{-13}$ .
4. Сколько молей KOH необходимо добавить к 1 л 0,0560 М раствора  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ , чтобы равновесная концентрация ионов серебра  $\text{Pb}(\text{II})$  понизилась до  $3,5 \cdot 10^{-5} \text{ М}$  за счет образования комплекса  $\text{Pb}(\text{OH})_3^-$ ?  $\beta_3(\text{Pb}(\text{OH})_3^-) = 2,0 \cdot 10^{11}$ .
5. Рассчитайте условную константу устойчивости комплекса  $\text{Ag}(\text{CN})_2^-$  в присутствии 0,0030 М  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ .  $\beta(\text{Ag}(\text{CN})_2^-) = 7,8 \cdot 10^{19}$ ,  $\beta(\text{Ag}(\text{S}_2\text{O}_3)_2^{3-}) = 6,61 \cdot 10^8$ ,  $\beta(\text{Ag}(\text{S}_2\text{O}_3)_2^{3-}) = 2,88 \cdot 10^{13}$ .
6. Сколько молей  $\text{NH}_4\text{SCN}$  необходимо ввести в 1 л  $5 \cdot 10^{-5} \text{ М}$   $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$ , чтобы снизить концентрацию ионов ртути (II) до  $1,0 \cdot 10^{-11} \text{ М}$  за счет образования комплексных ионов  $\text{Hg}(\text{SCN})_4^{2-}$ .  $\beta(\text{Hg}(\text{SCN})_4^{2-}) = 5,9 \cdot 10^{19}$ .
7. Сколько граммов NaOH необходимо добавить для образования  $\text{Zn}(\text{OH})_4^{2-}$  из 50,0 мл 0,8 М  $\text{ZnCl}_2$ , если концентрация  $\text{Zn}^{2+}$  в конечном растворе не превышает  $1,0 \cdot 10^{-13} \text{ М}$ .  $\beta(\text{Zn}(\text{OH})_4^{2-}) = 4,47 \cdot 10^{14}$ .
8. Рассчитайте максимальное значение pH, при котором в 0,0200 М растворе  $\text{Cd}(\text{NO}_3)_2$  ия находится в виде аквакомплекса, а 1% - в виде гидроксокомплекса  $\text{Cd}(\text{OH})^+$ .  $\lg \beta_1 = 4,3$ .
9. Сколько молей NaF нужно ввести в 100 мл  $1,0 \cdot 10^{-3} \text{ М}$  раствора  $\text{LaCl}_3$  при pH 3,00, чтобы понизить концентрацию  $\text{La}(\text{III})$  до  $1,0 \cdot 10^{-6} \text{ М}$  за счет образования комплекса  $\text{LaF}^{2+}$ ?  $\lg \beta(\text{LaF}^{2+}) = 3,56$ ,  $K_a(\text{HF}) = 6,8 \cdot 10^{-4}$ .
10. На титрование 50,00 мл жесткой воды в аммиачном буферном растворе в присутствии индикатора арсеназо I израсходовано 15,00 мл 0,0100 М ЭДТА. На титрование такой же аликвоты после добавления избытка NaOH в присутствии кальцеина израсходовано 10,00 мл 0,0100 М раствора ЭДТА. Определите: а) молярные концентрации кальция и магния в воде; б) общую жесткость воды, выразив в мг/л  $\text{CaCO}_3$ . Мол.масса ( $\text{CaCO}_3$ ) 100,19.

11. К подкисленному раствору, полученному растворением навески образца, массой 0,5051 г, содержащего основной карбонат висмута, добавили избыток 0,0500 М раствора ЭДТА, равный 20,00 мл. После доведения pH до 9,3 избыток ЭДТА оттитровали 0,0500 М сульфатом цинка в присутствии эриохромового черного Т. Рассчитайте массовую долю висмута (%), если на титрование ЭДТА израсходовано 9,20 мл сульфата цинка. Мол. Масса Bi – 208,98.
12. Ионы серебра, содержащиеся в 25,00 мл пробы, связали в цианидный комплекс, добавив избыток раствора  $\text{Ni}(\text{CN})_4^{2-}$ . На титрование выделившихся ионов никеля израсходовали 43,70 мл 0,0240 М раствора ЭДТА. Напишите уравнение реакций и рассчитайте концентрацию серебра (г/л) в растворе пробы. М.м. (Ag) – 107,86.

### Гетерогенное равновесие и гравиметрия

1. Найдите потери Cl (г) при промывании осадка AgCl: а) 100 мл воды; б) 100 мл 0,1%-ным  $\text{AgNO}_3$ . Ионной силой пренебречь. Допустимы ли такие потери при гравиметрическом определении хлорида?  $K_s(\text{AgCl}) = 1.8 \cdot 10^{-10}$ ,  $\beta_{\text{AgCl}} = 5 \cdot 10^2$ ,  $M(\text{AgCl}) = 143.32$ ,  $M(\text{AgNO}_3) = 169.87$ .
2. Осадок ZnS массой 0.1949 г промыли 800 мл 0.001 М HCl, насыщенной  $\text{H}_2\text{S}$  ( $\text{CH}_2\text{S} = 0.1 \text{ M}$ ). Рассчитайте потери цинка (%) при промывании. Ионной силой пренебречь.  $K_s(\text{ZnS}) = 2.5 \cdot 10^{-22}$ ; для  $\text{H}_2\text{S}$  константы кислотности  $K_{a1} = 1 \cdot 10^{-7}$ ,  $K_{a2} = 1.3 \cdot 10^{-13}$ ;  $M(\text{ZnS}) = 97.43$ ,  $M(\text{Zn}) = 65.37$ .
3. Рассчитайте потери кальция (г) при промывании осадка  $\text{CaC}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$  250 мл воды. При какой общей концентрации оксалата в промывной жидкости с pH 4.00 потери при промывании 0.1 г осадка 250 мл этой жидкости не превысят 0.1% по массе. Ионную силу не учитывать.  $K_s(\text{CaC}_2\text{O}_4) = 2.3 \cdot 10^{-9}$ ,  $M(\text{CaC}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}) = 146.11$ ,  $M(\text{Ca}) = 40.08$ .
4. Выпадет ли осадок  $\text{CaC}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$  из раствора, содержащего 0.02 М  $\text{CaCl}_2$ , 0.01 М HCl и 0.01 М  $\text{K}_2\text{C}_2\text{O}_4$ . Ионной силой можно пренебречь.  $K_s^0(\text{CaC}_2\text{O}_4) = 2.29 \cdot 10^{-9}$ ; константы диссоциации  $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ :  $K_1 = 5.6 \cdot 10^{-2}$ ,  $K_2 = 5.9 \cdot 10^{-5}$ .
5. Не прибегая к расчетам, скажите, в каком растворе растворимость  $\text{Mg}(\text{NH}_4)\text{PO}_4$  наибольшая, в каком наименьшая: а)  $\text{H}_2\text{O}$ ; б) 0.1 М  $\text{MgCl}_2$ ; в) 0.1 М HCl?
6. Растворимость каких соединений зависит от кислотности раствора и почему:  $\text{BaSO}_4$ ,  $\text{CaCO}_3$ , AgCl, ZnS,  $\text{Mg}(\text{OH})_2$ ?
7. Какова общая и молекулярная растворимость диметилглиоксимата никеля при pH 5.0 в присутствии избытка реагента с концентрацией  $3 \cdot 10^{-3} \text{ M}$ . Ионной силой можно пренебречь.  $K_s^0(\text{H}_2\text{Dm}) = 4.3 \cdot 10^{-24}$ ;  $\beta_{\text{Ni}(\text{Dm})_2} = 2.2 \cdot 10^{17}$ , константа кислотности  $K_{a(\text{H}_2\text{Dm})} = 2.6 \cdot 10^{-11}$ .
8. Рассчитайте растворимость  $\text{Mg}(\text{NH}_4)\text{PO}_4$  в 0.1 М растворе  $\text{NH}_4\text{Cl}$ . Ионной силой можно пренебречь.  $K_s^0(\text{Mg}(\text{NH}_4)\text{PO}_4) = 2.5 \cdot 10^{-13}$ ; для  $\text{H}_3\text{PO}_4$  константы кислотности  $K_{a1} = 7.1 \cdot 10^{-3}$ ,  $K_{a2} = 6.2 \cdot 10^{-8}$ ,  $K_{a3} = 4.7 \cdot 10^{-13}$ ; константа основности аммиака  $K^b = 1.8 \cdot 10^{-5}$ .
9. Рассчитайте растворимость  $\text{Pb}(\text{IO}_3)_2$  при pH 10. Ионной силой можно пренебречь.  $K_s^0(\text{Pb}(\text{IO}_3)_2) = 2.6 \cdot 10^{-13}$ ; константы устойчивости гидроксокомплексов свинца:  $\beta_1(\text{Pb}(\text{OH})^+) = 7.9 \cdot 10^6$ ,  $\beta_2(\text{Pb}(\text{OH})_2) = 6.3 \cdot 10^{10}$ ,  $\beta_3(\text{Pb}(\text{OH})_3^-) = 2 \cdot 10^{11}$ .
10. Выпадет ли осадок AgI, если к 10 мл 0,01 М раствора  $\text{AgNO}_3$  в 0,1 М аммиаке добавить 1 мл  $1,0 \cdot 10^{-3}$  раствора KI?  $K_s^0, \text{AgI} = 9,98 \cdot 10^{-17}$ ;  $\beta_{\text{Ag}(\text{NH}_3)^+} = 2,03 \cdot 10^3$ ;  $\beta_{\text{Ag}(\text{NH}_3)_2^+} = 1,62 \cdot 10^7$ .

11. Рассчитайте растворимость  $Zn_3(PO_4)_2$  в буферном растворе, содержащем  $NH_3$  0.01 М и 0.18 М  $NH_4Cl$ . Ионной силой можно пренебречь.  $K_s^0(Zn_3(PO_4)_2) = 9.1 \cdot 10^{-33}$ ; константы устойчивости аммиачных комплексов цинка:  $\beta_1(Zn(NH_3)^{2+}) = 1.5 \cdot 10^2$ ,  $\beta_2(Zn(NH_3)_2^{2+}) = 2.7 \cdot 10^4$ ,  $\beta_3(Zn(NH_3)_3^{2+}) = 5.5 \cdot 10^6$ ,  $\beta_4(Zn(NH_3)_4^{2+}) = 2.5 \cdot 10^9$ ; константа основности аммиака  $K^b = 1.8 \cdot 10^{-5}$ ; для  $H_3PO_4$  константы кислотности  $K_{a1} = 7.1 \cdot 10^{-3}$ ,  $K_{a2} = 6.2 \cdot 10^{-8}$ ,  $K_{a3} = 4.7 \cdot 10^{-13}$ .
12. Можно ли разделить ионы  $Al^{3+}$  и  $Mg^{2+}$  (концентрация каждого в растворе 0,01 М) осаждением в виде гидроксидов?  $K_s^0, Mg(OH)_2 = 1.8 \cdot 10^{-11}$ ;  $K_s^0, Al(OH)_3 = 1.1 \cdot 10^{-33}$ .

### Экстракция

1. Рассчитайте коэффициент разделения  $M_1$  и  $M_2$  при экстракции их диэтиловым эфиром, если исходные концентрации металлов и объемы фаз равны, а степени извлечения составляют 98 и 15 % соответственно.
2. Раствор 2-нитрозо-1-нафтола (НЛ) в  $CHCl_3$  неизвестной концентрации встряхнули с равным объемом боратного буферного раствора с рН 8. Концентрация НЛ в водной фазе после достижения равновесия составила  $5,67 \cdot 10^{-4}$  М. Растворимость НЛ в воде ( $S_{H_2O}$ )  $8,4 \cdot 10^{-4}$  М, а в  $CHCl_3$  ( $S_{CHCl_3}$ ) -  $9,6 \cdot 10^{-2}$  М. Рассчитайте исходную концентрацию НЛ в  $CHCl_3$ , если  $pK_{a, НЛ} = 7,24$ .
3. Изучено распределение кислоты НА между равными объемами воды и нитробензола. Константа распределения кислоты равна  $10^3$ , а коэффициент распределения при рН 6 -  $10^2$ . Рассчитайте константу диссоциации кислоты ( $K_{a, НА}$ ). Нарисуйте кривую распределения кислоты и укажите интервал рН, в котором константа распределения равна коэффициенту распределения.
4. Какой общий объем растворителя ( $CHCl_3$ ) необходим для понижения концентрации вещества Х до  $1 \cdot 10^{-4}$  М, если 25 мл 0,05 М раствора Х проэкстрагировали порциями растворителя по 10 мл. Коэффициент распределения Х равен 35.
5. Ион  $Zn^{2+}$  ( $c_{Zn^{2+}} = 1 \cdot 10^{-4}$  М) экстрагируется на 20% в виде хелата  $Zn(Ox)_2$  при рН 3 с помощью равного объема 0,1 М раствора 8-гидроксихинолина (Ох) в хлороформе. Рассчитайте рН, при котором в тех же условиях ион цинка будет экстрагироваться на 96%.
6. Ионы  $Co^{2+}$  экстрагируются раствором 8-гидроксихинолина (НОх) в  $CHCl_3$  в виде комплекса  $Co(Ox)_2(NOx)_2$ . Напишите уравнение реакции и выражение для константы экстракции. Изобразите зависимость  $lgD - lg[НОх]$  при рН = const. Какую информацию и как можно получить из этой зависимости?
7. Ионы металла экстрагируют из водной фазы объемом 50 мл ( $C_{Me} = 1 \cdot 10^{-4}$  М; рН = 7) в форме хелата  $ML_2$ . Объем растворителя 10 мл, концентрация органического реагента НЛ в растворителе  $C_{НЛ} = 1 \cdot 10^{-2}$  М. Рассчитайте  $K_{ex}$ , если степень извлечения металла составляет 40%.
8. Известно, что коэффициент распределения салициловой кислоты между равными объемами воды и органического растворителя равен 1,3 при рН 3. Найдите константу распределения кислоты, если  $K^a = 1,5 \cdot 10^{-3}$ .
9. Рассчитайте коэффициент разделения алюминия и железа при экстракции их раствором 8-гидроксихинолина в хлороформе, если исходные концентрации металлов и объемы фаз равны, а степени извлечения составляют 97 и 23% соответственно.

10. Ионы  $\text{Fe}^{2+}$  в присутствии 1,10-фенантролина (Phen) и  $\text{NaClO}_4$  экстрагируются из водных растворов  $\text{CHCl}_3$  в виде комплекса  $\text{Fe}(\text{Phen})_3 \cdot (\text{ClO}_4)_2$ . Напишите уравнение реакции и выражение для константы экстракции. Изобразите зависимость  $\lg D$  от  $\lg [\text{ClO}_4^-]$ . Какую информацию и как можно получить из этой зависимости?
11. Ионы  $\text{Co}^{2+}$  экстрагируются раствором 8-оксихинолина (НОх) в  $\text{CHCl}_3$  в виде комплекса  $\text{Co}(\text{Ox})_2(\text{НОх})_2$ . Напишите уравнение реакции и выражение для константы экстракции. Изобразите зависимость  $\lg D$  от  $\lg [\text{НОх}]$  при  $\text{pH} = \text{const}$ . Какую информацию и как можно получить из этой зависимости?

### Спектроскопические методы анализа

1. Рассчитайте минимальное содержание циркония (%), которое можно определить люминесцентным методом в виде комплекса с морином, пользуясь следующими данными: 1) навеску массой 1.000 г перевели в 250.0 мл раствора; 2) максимальной величине регистрируемого фототока, равной 250 мкА, отвечает концентрация циркония 0.1 мкг/мл; 3) минимальная величина фототока, регистрируемая микроамперметром, равна 1 мкА.
2. Относительная оптическая плотность моносульфосалицилатного комплекса железа при  $\lambda=510$  нм в кювете  $l=5.00$  см равна 0.225. Раствор сравнения содержал 0.050 мг железа в объеме 50.00 мл. Определите концентрацию железа (мг/л) в растворе, если молярный коэффициент поглощения комплекса при  $\lambda=510$  нм равен  $\varepsilon = 1.8 \cdot 10^3$  л·моль<sup>-1</sup>·см<sup>-1</sup>.
3. Навеску урановой руды 0.1500 г растворили и после соответствующей обработки раствор разбавили водой до 100.00 мл. Интенсивность флуоресценции раствора составила 60.0 у.е. После добавления к 20.00 мл этого раствора 5.0 мкг урана интенсивность флуоресценции увеличилась до 110.0 у.е. Определить массовую долю урана ( $\omega, \%$ ), считая, что интенсивность флуоресценции пропорциональна концентрации урана, а интенсивность флуоресценции контрольного опыта эквивалентна флуоресценции 1 мкг урана. Какое количество урана (кг) содержится в 1 т руды?
4. Молярный коэффициент поглощения салициловой кислоты в форме  $\text{H}_2\text{A}$  при 320 нм равен  $1.70 \cdot 10^3$ , а в форме  $\text{HA}$  -  $7.50 \cdot 10^2$ . Насыщенный водный раствор салициловой кислоты при pH 3.3 имеет оптическую плотность 0.492 при 320 нм ( $l=0.25$  мм). Рассчитайте молекулярную растворимость салициловой кислоты, если показатели констант ее кислотной диссоциации равны  $\text{pK}_{a1} = 2.97$ ,  $\text{pK}_{a2} = 13.4$ .
5. При определении кадмия в сточных водах к анализируемому раствору добавляют девятикратный объем органического реагента L концентрацией  $1.00 \cdot 10^{-3}$  М и измеряют поглощение образующегося комплекса  $\text{CdL}_2^{2+}$  в кюветах  $l=1.00$  см при  $\lambda=610$  нм. Поглощение раствора, приготовленного смешением раствора соли кадмия, содержащего 2.81 мкг металла в 1 мл, и раствора реагента, оказалось равным 0.150. Поглощение раствора реагента при  $\lambda=610$  нм равно 0.040. Рассчитайте молярные коэффициенты поглощения комплекса кадмия и органического реагента при указанной длине волны.
6. Раствор пикрата натрия (0,100 М) имеет оптическую плотность 0,279, обусловленную поглощением пикрат-иона; 0,300 М раствор пикриновой кислоты, помещенный в ту же кювету, что и в предыдущем измерении, при той же длине волны имеет оптическую

плотность  $A = 0,531$ . Рассчитайте константу диссоциации пикриновой кислоты, учитывая, что молекулярная форма не поглощает в условиях измерения.

7. Пропускание водного раствора с концентрацией вещества 3,75 мг в 100,0 мл, измеренное в кювете с  $l = 1,00$  см при  $\lambda = 480$  нм, составляет 54,5%. Рассчитайте удельный коэффициент поглощения этого вещества.
8. Кальций в природной воде определяли методом фотометрии пламени по излучению радикалов CaOH при 622 нм. Для анализируемого раствора измерено  $I = 31,0$  у.е., для раствора, полученного смешением 50,0 мл анализируемого и 25,0 мл стандартного ( $c_{Ca} = 50,0$  мкг/мл) — 80,2 у.е., а для раствора контрольного опыта — 3,5 у.е. Рассчитайте содержание кальция в анализируемом растворе.
9. К двум пробам анализируемой воды добавили равные объёмы стандартных растворов калия ( $c = 50,0$  и  $100,0$  мкг/мл, соответственно) и измерили интенсивность излучения дублета калия (766,5 и 769,9 нм) в пламени. Соответствующие значения интенсивностей (у.е.) равны 46,5 и 76,5, а интенсивность излучения контрольного опыта — 5,5. Рассчитайте содержание калия в анализируемом образце.
10. Коэффициент чувствительности при пламенно-эмиссионном определении таллия равен  $85,5$  мл·мкг<sup>-1</sup>. При измерении эмиссии контрольного раствора получены следующие результаты ( $I$ , у.е.): 7,5; 9,5; 10,0; 11,5; 9,0. Какую информацию можно извлечь из этих результатов?
11. Какую максимальную массовую долю ( $\omega$ , %) таллия можно определить в образце массой 1,0000 г плазменно-эмиссионным методом, если объем раствора, в который переводится навеска образца, составляет 250,0 мл, измерительная шкала фотометра оцифрована в условных единицах 0 – 100, а уравнение градуировочного графика имеет вид  $I = 5,5 + 85,5c$  ( $c$  – концентрация таллия, мкг/мл)?

### Электрохимические методы анализа

1. При каком потенциале катода (относительно НКЭ) концентрация  $HgBr_4^{2-}$  снизится до  $1 \cdot 10^{-6}$  М, если до начала электролиза раствор содержал 0,01 М  $Hg^{2+}$  и 0,25 М  $KBr$ ?  $E^0_{Hg^{2+}/Hg} = 0,854$  В;  $E_{НКЭ} = 0,242$  В;  $\beta_4 = 4,4 \cdot 10^{21}$ ,  $t = 25^\circ$  С.
2. ЭДС гальванического элемента  $H_2(1\text{атм.}), Pt | HA (0,150 \text{ М}), NaA (0,250 \text{ М}) || СВЭ$  при  $20^\circ$  С равна 0,310 В. Рассчитайте величину  $K_a \{HA\}$ .
3. Напишите уравнение для зависимости потенциала стеклянного электрода от рН и рассчитайте значение потенциала в буферном растворе с рН 5,0 относительно хлоридсеребряного электрода сравнения.  $const = 0,350$  В,  $E^0_{AgCl/Ag} = 0,222$  В,  $t = 25^\circ$  С.
4. Потенциал Са-селективного электрода в 20,00 мл пробы при  $30^\circ$ С равен 20 мВ. После добавки 0,20 мл 0,1000 М раствора  $Ca^{2+}$  он стал равным 35 мВ. Крутизна электродной функции на 2 мВ ниже теоретической. Сколько мг кальция содержится в пробе? Мол.масса Са 40,08.

- Волна восстановления  $\text{CrO}_4^{2-}$  до  $\text{Cr}^{3+}$  имеет  $E_{1/2} = -0,3$  В, а волна восстановления  $\text{Cr}^{3+}$  до  $\text{Cr}(0)$   $-1,4$  В. На полярограмме сточной воды предельный ток при  $-0,7$  В равен  $10,5$  мкА, а при  $-0,8$  В,  $42,0$  мкА. Каково соотношение концентраций  $\text{CrO}_4^{2-}$  и  $\text{Cr}^{3+}$  в анализируемой воде ( $D_{\text{CrO}_4^{2-}} = D_{\text{Cr}^{3+}}$ )? Нарисуйте полярограмму.
- Предельный диффузионный ток в  $2 \cdot 10^{-3}$  М растворе  $\text{Cd}^{2+}$  равен  $8,10$  мкА. Из капилляра за 1 мин вытекает 15 капель ртути, а масса 25 капель равна  $0,100$  г. Рассчитайте коэффициент диффузии  $\text{Cd}^{2+}$  в этих условиях.
- Предельный диффузионный ток восстановления  $0,004$  М  $\text{TeO}_3^{2-}$  на р.к.э равен  $61,9$  мкА. Масса 20 капель ртути, вытекающих за 63 с, равна  $0,0945$  г. Коэффициент диффузии  $\text{TeO}_3^{2-}$   $7,5 \cdot 10^{-6}$   $\text{cm}^2 \text{s}^{-1}$ . Используя эти данные, напишите уравнение электродной реакции.
- На титрование  $25,00$  мл  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  электрогенерированными ионами  $\text{Fe}^{2+}$  из  $\text{Fe}^{3+}$  затрачено  $1800$  с при силе тока  $200$  мА. Рассчитайте концентрацию  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  (М). Напишите уравнения реакций титрования и генерации титранта.
- На колбе с раствором стерлась надпись. Это мог быть раствор соли  $\text{Mg}^{2+}$  или  $\text{Al}^{3+}$  с концентрацией  $30$  мкг/мл. Из  $5,0$  мл раствора ион металла осадили 8-гидроксихинолином, осадок промыли, растворили в  $\text{HCl}$  и 8-гидроксихинолин оттитровали электрогенерированным  $\text{Br}_2$ , затратив  $5$  мин  $22$  с при  $I = 20$  мА. Выход по току  $100\%$ . Какой это раствор? Мол. масса:  $\text{Al} - 26,98$ ;  $\text{Mg} - 24,32$ .
- На титрование  $8,10$  мг  $\text{I}^-$  электрогенерированными ионами  $\text{MnO}_4^-$  затрачено  $5$  мин при силе тока  $25$  мА. Рассчитайте выход по току. Мол. масса  $\text{I}^- - 126,9$ .

### Хроматографические методы анализа

- На хроматограмме получены пики при  $0,84$  мин (неудерживаемый компонент А), при  $10,60$  мин (компонент В) и  $11,08$  мин (компонент С). Ширина пиков В и С соответствует  $0,56$  и  $0,59$  мин соответственно. Длина колонки -  $28,3$  см, объем стационарной фазы -  $12,3$  мл, подвижной фазы -  $17,6$  мл. Рассчитайте: а) число теоретических тарелок колонки; б) высоту, эквивалентную теоретической тарелке, и укажите, что характеризует эта величина; в) коэффициент удерживания для компонентов В и С; г) коэффициенты распределения компонентов В и С; д) коэффициент селективности и разрешение пиков компонентов В и С. Нарисуйте хроматограмму.
- При разделении на хроматографической колонке с объемом неподвижной фазы  $1,5$  мл и объемом удерживания неудерживаемого компонента  $2,5$  мл, соединения А и В имеют коэффициенты распределения  $5,0$  и  $15,0$  соответственно. Эффективность колонки -  $20$  теоретических тарелок. Рассчитайте, будет ли полным разделение веществ А и В. Какова должна быть эффективность колонки, чтобы получить  $6\sigma$ -разделение компонентов А и В?
- Стандартные отклонения хроматографического пика, связанные с некоторыми факторами размывания, составляют  $0,0041$ ;  $0,0011$ ;  $0,0091$  и  $0,0470$  см. Вычислите: а) стандартное отклонение ширины пика; б) эффективность колонки (Н, мкм) длиной  $15$  см; в) число теоретических тарелок, необходимое для  $4\sigma$ -разделения двух веществ, если коэффициент селективности равен  $1,03$ .
- Определите удерживаемый объем н-пентанола, если при  $77^\circ\text{C}$  и скорости потока газа-носителя  $90$  мл/мин на сорбенте Chromaton N AW DMCS, покрытом Carbowax 1500, получены следующие времена удерживания спиртов: метанол -  $72,3$  с; этанол -  $126$  с; бутанол -  $509$  с. Пик неудерживаемого компонента появляется на хроматограмме через  $30$  с.

- Углеводороды определяли на хроматографической колонке длиной 2 м, варьируя скорость потока. Для трех различных скоростей потока мертвое время колонки составляло 18,2, 8,0 и 5,0 с, соответственно. При этом время удерживания декана – 2020, 888 и 558 с, а ширина пика у его основания – 223, 99 и 68 с, соответственно. Определите: а) скорости потока газа-носителя для каждого случая; б) число теоретических тарелок  $N$  и величину  $H$ ; в) константы  $A$ ,  $B$  и  $C$  в уравнении Ван-Деемтера; г) оптимальную скорость потока.
- На колонке А с 256 теоретическими тарелками объемы удерживания двух соседних пиков равны 5,0 и 6,2 мл. Число теоретических тарелок колонки В вдвое больше и равно 512, а объемы удерживания не изменились. Рассчитайте, во сколько раз изменилась ширина каждого пика у основания и разрешение пиков при переходе с колонки А на колонку В.
- При газохроматографическом анализе очищенного продукта на содержание толуола в качестве внутреннего стандарта использовали *трет*-бутилбензол (*трет*-ББ). Вначале проанализировали стандартную смесь, содержащую по 0,050% (масс.) толуола и *трет*-ББ, и получили хроматографические пики высотой 4,70 и 4,20 см соответственно. При анализе продукта ввели 0,045% (масс.) стандарта и получили хроматограмму, на которой высоты пиков толуола и *трет*-ББ составили 5,21 и 4,11 см, соответственно. Какова массовая доля (%) толуола в пробе?
- Рассчитайте, будет ли полным разделение веществ К и М на колонке со 100 теоретическими тарелками, если коэффициенты распределения равны 5,0 и 15,0 соответственно, удерживаемый объем не удерживаемого компонента равен 2,5 мл, объем неподвижной фазы – 1,5 мл. Рассчитайте число теоретических тарелок, достаточное для количественного определения этих веществ.
- Фактор удерживания для данного растворенного вещества при использовании некоторой хроматографической колонки равен 5. Объем подвижной фазы в колонке составляет 2,0 мл, объем неподвижной фазы – 0,5 мл. Чему равно значение коэффициента распределения и время удерживания вещества, если скорость потока подвижной фазы равна 2 мл/мин? *Ответ:  $D = 20$ ;  $t_R = 6$  мин.*
- При разделении углеводов методом газожидкостной хроматографии оказалось, что при скоростях потока 20 и 40 мл/мин хроматографическая колонка длиной 2 м имеет эффективность 2500 и 2350 тарелок, соответственно. Чему равна оптимальная скорость потока?

## 2.2. Самостоятельная работа

- Построение распределительной диаграммы многоосновной кислоты или основания.
- Построение концентрационно-логарифмической диаграммы многоосновной кислоты или основания.
- Построение кривой титрования кислоты или основания, выбор индикатора.
- Построение кривой комплексометрического титрования растворов ионов металлов.
- Построение кривой окислительно-восстановительного титрования растворов ионов металлов.
- Составление схемы разделения смеси катионов и анионов.
- Составление схемы качественного анализа промышленного или природного объекта: сплава, стали, руды, минерала, шлака или шлама.
- Составление схемы количественного анализа промышленного или природного объекта: сплава, стали, руды, минерала, шлака или шлама.

9. Систематизация литературных сведений и обоснование на их основе выбора конкретных гравиметрической и/или титриметрической методик для проведения количественного анализа предложенного реального образца на содержание 1-2 основных элементов (в виде таблицы).
10. Оценить правильность и воспроизводимость результатов титриметрического анализа, если при анализе стандартного образца стали получен следующий ряд значений содержания никеля (% масс.): 8,29; 8,30; 8,39; 8,28; 8,31. Паспортное значение содержания никеля – 8,33%.
11. Сравните результаты анализа в двух образцах сплава на содержание хрома (% масс.). Получены следующие результаты: для Образца 1 - 20,42; 22,72; 22,54; 22,51; для образца 2 - 22,52; 22,87; 23,05; 23,16; 23,26. Можно ли на основании этих данных заключить, что образцы имеют разное содержание хрома. Можно ли объединить эти данные в одну серию? Если да – объедините и рассчитайте содержание хрома по результатам обеих серий. Если нет – рассчитайте для каждой серии в отдельности. Во всех случаях укажите доверительные интервалы рассчитанных содержаний.

### **Вопросы к коллоквиумам.**

#### **1 коллоквиум. Равновесие в гомогенных системах. Кисотно-основное равновесие. Кисотно-основное титрование.**

Константы равновесия реакций и процессов. Ионное состояние вещества в идеальных и реальных системах. Структура растворителей и раствора. Сольватация, ионизация, диссоциация. Поведение электролитов и неэлектролитов в растворах. Теория Дебая-Хюккеля. Термодинамическая константа равновесия. Активность и коэффициент активности. Концентрационные константы. Общая и равновесная концентрации. Условные константы.

**Кисотно-основное равновесие.** Современные представления о кислотах и основаниях. Теория Льюиса. Теория Бренстеда-Лоури. Равновесие в системе кислота - сопряженное основание - растворитель. Константы кислотности и основности. Кислотные и основные свойства растворителей. Константа автопротолиза. Влияние природы растворителя на силу кислоты и основания. Нивелирующий и дифференцирующий эффекты растворителя.

Кисотно-основное равновесие в многокомпонентных системах. Буферные растворы и их свойства. Буферная емкость. Вычисление рН растворов одно- и многоосновных кислот и оснований, смесей кислот и оснований. Графическое описание кислотно-основного равновесия (распределительные диаграммы).

**Титриметрические методы.** Классификация методов. Требования, предъявляемые к реакции в титриметрическом анализе. Прямое, обратное и косвенное титрование. Способы выражения концентраций растворов в титриметрии. Эквивалент. Молярная масса эквивалента. Первичные стандартные растворы, требования к ним. Вторичные стандартные растворы. Виды кривых титрования. Скачок титрования. Точка эквивалентности и конечная точка титрования.

**Кислотно-основное титрование.** Построение кривых титрования. Влияние величин констант кислотности или основности, концентрации кислот или оснований, температуры на характер кривых титрования. Кислотно-основное титрование в неводных средах.

Кисотно-основные индикаторы. Погрешности титрования при определении сильных и слабых кислот и оснований, многоосновных кислот и оснований.

Практическое применение. Первичные стандартные растворы для установления концентрации растворов кислот и оснований. Приготовление и стандартизация растворов соляной кислоты и гидроксида натрия. Титрование кислот, оснований, смесей кислот и смесей оснований. *Анализ смесей карбоната и гидрокарбоната натрия, карбоната и гидроксида натрия. Определение солей аммония и азота по методу Кьельдаля. Определение нитратов и нитритов.*

## **2 коллоквиум. Равновесия реакций комплексообразования и окисления-восстановления. Комплексонометрическое и окислительно-восстановительное титрование.**

**Комплексообразование.** Основные признаки комплексных соединений. Координационное число. Дентатность. Классификация комплексных соединений по характеру взаимодействия металл-лиганд, по однородности лиганда и комплексообразователя: внутрисферные и внешнесферные, однороднолигандные и смешаннолигандные, полиядерные комплексы. Хелаты, внутрикомплексные соединения. Свойства комплексных соединений, имеющие аналитическое значение: устойчивость, растворимость, окраска, летучесть.

Ступенчатое комплексообразование. Количественные характеристики реакций образования комплексных соединений: константы устойчивости (ступенчатые и общие), функция и степень образования. Скорость реакций комплексообразования. Факторы, влияющие на устойчивость комплексов. Хелатный эффект.

Органические реагенты. Функционально-аналитические группы. Влияние структуры органических реагентов на их свойства. Роль различных функциональных групп. Теории взаимодействия ионов металлов с неорганическими и органическими реагентами. Важнейшие органические реагенты, применяемые в анализе.

Влияние комплексообразования на кислотно-основные и окислительно-восстановительные свойства соединений, растворимость, стабилизацию различных степеней окисления элементов. Возможности использования комплексных соединений в различных методах анализа.

**Окислительно-восстановительные реакции.** Электродный потенциал. Уравнение Нернста. Стандартный и формальный потенциалы. Влияние электростатических и химических взаимодействий на потенциал: ионной силы, pH, образования комплексных и малорастворимых соединений. Константы равновесия и направление окислительно-восстановительного процесса. Факторы, влияющие на направление окислительно-восстановительных реакций. Понятие о смешанном потенциале. Механизмы окислительно-восстановительных реакций. Основные окислители и восстановители, применяемые в анализе.

**Комплексонометрическое титрование.** Неорганические и органические титранты в комплексометрии. Использование аминокислот в комплексометрии. Построение кривых титрования. Металлохромные индикаторы и требования, предъявляемые к ним. Важнейшие универсальные и специфические металлохромные индикаторы. Прямое, обратное, вытеснительное и косвенное титрование. Селективность титрования и способы ее повышения. Погрешность титрования.

Практическое применение.

**Окислительно-восстановительное титрование.** Построение кривых титрования. Факторы, влияющие на характер кривых титрования: концентрация ионов водорода, комплексообразование, ионная сила. Способы определения конечной точки титрования. Индикаторы. Погрешность титрования. Методы окислительно-восстановительного титрования.

Перманганатометрия. Иодометрия и иодиметрия. Система иод-иодид как окислитель или восстановитель. Бихроматометрия. Броматометрия, цериметрия, ванадатометрия, титанометрия. Первичные и вторичные стандарты. Индикаторы. Определение неорганических и органических соединений.

**Скорость реакций в химическом анализе.** Быстрые и медленные реакции. Элементарные стадии реакции. Скоростьюопределяющая стадия. Кинетические уравнения. Молекулярность и порядок реакций. Факторы, влияющие на скорость реакций. Катализаторы, ингибиторы. Автокаталитические реакции. Индуцированные и сопряженные реакции. Понятие об индукторе, акторе, акцепторе. Индукционный фактор. Примеры ускорения и замедления реакций и процессов, используемых в химическом анализе.

**3 коллоквиум. Равновесие в системе осадок - раствор. Гравиметрический метод. Методы разделения и концентрирования: осаждение и экстракция. Пробоотбор и пробоподготовка.**

**Равновесие в системе осадок - раствор.** Произведение растворимости. Правило произведения растворимости. Растворимость. Факторы, влияющие на растворимость: температура, ионная сила, присутствие одноименного иона, конкурирующие реакции, структура и размер частиц.

**Гравиметрический метод.** Сущность гравиметрического анализа, преимущества и недостатки. Требования к осаждаемой и гравиметрической формам. Образование осадка. Образование и свойства коллоидных частиц. Кристаллические и аморфные осадки. Зависимость структуры осадка от его индивидуальных свойств (растворимости, полярности молекул) и условий осаждения (концентрации осаждаемого иона и осадителя, солевого состава раствора и pH, температуры). Зависимость формы осадка от скорости образования первичных частиц, их роста. Условия получения кристаллических и аморфных осадков. Гомогенное осаждение. Старение осадка. Причины загрязнения осадка (совместное осаждение, соосаждение, последующее осаждение). Классификация различных видов соосаждения (адсорбция, окклюзия, изоморфизм и др.). Способы уменьшения соосаждения. Положительное и отрицательное значения явления соосаждения в анализе. Погрешности в гравиметрическом анализе. Изменения состава осадка при высушивании и прокаливании.

Практическое применение. Прямые и косвенные методы определения. Важнейшие органические и неорганические осадители.

**Методы разделения и концентрирования.** Роль в химическом анализе, выбор и оценка. Сочетание методов разделения и концентрирования с методами определения; гибридные методы. Разделение сопоставимых количеств элементов и отделение малых количеств от больших. Одноступенчатые и многоступенчатые процессы разделения. Константы распределения. Коэффициент распределения. Степень извлечения. Фактор разделения. Коэффициент концентрирования.

**Осаждение.** Применение неорганических и органических реагентов для осаждения. Способы разделения путем варьирования pH, образования комплексных соединений и проведения окислительно-восстановительных реакций. Групповые реагенты и предъявляемые к ним требования. Характеристики малорастворимых соединений, наиболее часто используемых в анализе. Концентрирование микроэлементов соосаждением с неорганическими и органическими коллекторами.

**Экстракция.** Теоретические основы. Закон распределения. Классификация экстракционных процессов. Скорость экстракции. Типы экстракционных систем. Условия экстракции неорганических и органических соединений. Реэкстракция. Природа и характеристика экстрагентов.

Разделение элементов методом экстракции. Основные органические реагенты, используемые для разделения элементов методом экстракции. Селективное разделение элементов методом подбора органических растворителей, изменения pH водной фазы, маскирования и демаскирования. Приборы для экстракции.

**Пробоотбор и пробоподготовка.** Представительность пробы; проба и объект анализа; проба и метод анализа. Факторы, обуславливающие размер и способ отбора представительной пробы. Отбор проб гомогенного и гетерогенного состава. Способы получения средней пробы твердых, жидких и газообразных веществ; устройства и приемы, используемые при этом; первичная обработка и хранение проб; дозирующие устройства.

Основные способы переведения пробы в форму, необходимую для выбранного вида анализа: растворение в различных средах; спекание, сплавление, разложение под действием высоких температур, давления, высокочастотного разряда; комбинирование различных приемов; особенности разложения органических соединений. Способы устранения и учета загрязнений и потерь компонентов при пробоподготовке.

#### **4 коллоквиум.      Спектроскопические методы анализа.**

Спектр электромагнитного излучения. Энергия фотонов, длина волны, частота, волновое число; связь между ними; термины, символы, единицы измерения. Составляющие внутренней энергии частиц и соответствующие им диапазоны электромагнитного излучения. Основные типы взаимодействия вещества с излучением: эмиссия (тепловая, люминесценция), поглощение, рассеяние. Классификация спектроскопических методов по природе частиц, взаимодействующих с излучением (атомные, молекулярные); характеру процесса (абсорбционные, эмиссионные); диапазону электромагнитного излучения.

Спектры атомов. Основные и возбужденные состояния атомов, характеристики состояний. Энергетические переходы, правила отбора. Вероятности электронных переходов и времена жизни возбужденных состояний. Характеристики спектральных линий: положение в спектре, интенсивность, полуширина. Причины уширения спектральных линий.

Спектры молекул; их особенности. Схемы электронных уровней молекулы. Электронные, колебательные и вращательные спектры молекул. Зависимость вида спектра от агрегатного состояния вещества.

Основные законы испускания и поглощения электромагнитного излучения. Связь аналитического сигнала с концентрацией определяемого компонента. Основные способы определения концентрации в спектроскопических методах.

Аппаратура. Способы монохроматизации лучистой энергии. Классификация спектральных приборов, их характеристики: дисперсия, разрешающая способность, светосила. Приемники излучения: фотоэмульсия, фотоэлементы, фотоумножители, полупроводниковые приемники. Инструментальные помехи. Шумы и отношение сигнал-шум.

**Атомно-эмиссионный метод.** Принципиальная схема атомно-эмиссионного спектрометра. Источники атомизации и возбуждения (атомизаторы): электрические разряды (дуговые, искровые, пониженного давления), пламена, плазменные источники (плазмотроны, индуктивно связанная плазма), лазеры. Их основные характеристики: температура, состав атмосферы атомизатора, концентрация электронов.

Физические и химические процессы в атомизаторах. Спектральные и физико-химические помехи, способы их устранения. Особенности подготовки пробы и ее введения в атомизаторы различного типа. Качественный и количественный анализ методом атомно-эмиссионной спектрометрии. Метрологические характеристики и аналитические возможности.

**Атомно-абсорбционный метод.** Принципиальная схема атомно-абсорбционного спектрометра. Атомизаторы (пламенные и непламенные). Источники излучения (лампы с полым катодом, источники сплошного спектра, лазеры), их характеристики. Спектральные и физико-химические помехи, способы их устранения. Возможности, достоинства и недостатки метода, его сравнение с атомно-эмиссионным методом. Метрологические характеристики.

Примеры практического применения атомно-эмиссионного и атомно-абсорбционного методов.

**Молекулярная абсорбционная спектроскопия (спектрофотометрия).**

Связь химической структуры соединения с абсорбционным спектром. Способы получения окрашенных соединений. Фотометрические аналитические реагенты, требования к ним. Способы определения концентрации веществ. Измерение высоких, низких оптических плотностей (дифференциальный метод). Анализ многокомпонентных систем. Спектрофотометрия как метод исследования реакций в растворах (комплексообразования, протолитических, агрегации), сопровождающихся изменением спектров поглощения. Метрологические характеристики и аналитические возможности. Примеры практического применения.

Принципиальная схема прибора. Классификация аппаратуры с точки зрения способа монохроматизации (фотометры, спектрофотометры). Главные причины отклонения от основного закона светопоглощения (инструментальные и физико-химические).

**Молекулярная люминесцентная спектроскопия.** Классификация видов люминесценции по источникам возбуждения (хемилюминесценция, биолюминесценция, электролюминесценция, фотолюминесценция и др.); механизму и длительности свечения. Флуоресценция и фосфоресценция. Схема Яблонского. Закон Стокса-Ломмеля, правило зеркальной симметрии Левшина. Принципиальная схема прибора. Факторы, влияющие на интенсивность люминесценции. Тушение люминесценции. Спектральные и физико-химические помехи. Количественный анализ люминесцентным методом. Метрологические характеристики и аналитические возможности метода, сравнение с методом спектрофотометрии. Преимущества люминесцентной спектроскопии при идентификации и определении органических соединений. Примеры использования. Место и роль спектроскопических методов в аналитической химии и химическом анализе.

**5 коллоквиум.**

**Электрохимические методы анализа.**

Общая характеристика электрохимических методов. Классификация. Электрохимические ячейки. Индикаторный электрод и электрод сравнения. Равновесные и неравновесные электрохимические системы. Явления, возникающие при протекании тока (омическое падение напряжения, концентрационная и кинетическая поляризация). Поляризационные кривые и их использование в различных электрохимических методах.

**Прямая потенциометрия.** Измерение потенциала. Обратимые и необратимые окислительно-восстановительные системы. Индикаторные электроды. Ионметрия. Классификация ионоселективных электродов: электроды с гомогенными и гетерогенными кристаллическими мембранами, стеклянные электроды, электроды с подвижными носителями, ферментные и газочувствительные электроды. Электродная функция, коэффициент селективности, время отклика. Примеры практического применения ионметрии.

**Потенциометрическое титрование.** Изменение электродного потенциала в процессе титрования. Способы обнаружения конечной точки титрования; индикаторы. Использование реакций: кислотно-основных, осаждения, комплексообразования, окисления-восстановления. Примеры практического применения.

**Вольтамперометрия.** Сущность метода. Классификация вольтамперометрических методов. Индикаторные электроды. Преимущества и недостатки ртутного электрода. Применение твердых электродов. Характеристики вольтамперной кривой. Емкостный, миграционный, диффузионный токи. Предельный диффузионный ток. Полярография. Уравнение Ильковича. Уравнение полярографической волны Ильковича - Гейровского. Потенциал полуволны. Факторы, влияющие на величину потенциала полуволны. Современные виды вольтамперометрии: прямая и инверсионная, переменноточковая; хроноамперометрия с линейной разверткой (осциллополярография). Преимущества и ограничения по сравнению с классической полярографией.

**Амперометрическое титрование.** Сущность метода. Индикаторные электроды. Выбор потенциала индикаторного электрода. Амперометрическое титрование с одним и двумя поляризованными электродами. Виды кривых титрования. Примеры практического применения вольтамперометрических методов и амперометрического титрования. Регистрация и расшифровка полярограммы индивидуального депольризатора - иона металла. Регистрация полярографического спектра. Определение концентрации веществ методом градуировочного графика и методом добавок с использованием классической, осциллографической, переменноточковой вольтамперометрии.

**Кулонометрия.** Теоретические основы. Закон Фарадея. Способы определения количества электричества. Прямая кулонометрия и кулонометрическое титрование. Кулонометрия при постоянном токе и постоянном потенциале. Внешняя и внутренняя генерация кулонометрического титранта. Титрование электроактивных и электронеактивных компонентов. Определение конечной точки титрования. Преимущества и ограничения метода кулонометрического титрования по сравнению с другими титриметрическими методами. Примеры практического применения.

Сравнительная характеристика чувствительности и избирательности, областей применения электрохимических методов.

## 6 коллоквиум.

## **Хроматографические методы анализа.**

Определение хроматографии. Понятие о подвижной и неподвижной фазах. Классификация методов по агрегатному состоянию фаз, по механизму разделения, по технике выполнения. Способы получения хроматограмм (фронтальный, вытеснительный, элюентный). Параметры удерживания. Основное уравнение хроматографии. Селективность и эффективность хроматографического разделения. Теория теоретических тарелок. Кинетическая теория. Разрешение как фактор оптимизации хроматографического процесса. Качественный и количественный хроматографический анализ.

**Газовая хроматография:** Газо-адсорбционная (газо-твердофазная) и газо-жидкостная. Сорбенты и носители, требования к ним. Механизм разделения. Схема газового хроматографа. Колонки. Основные типы детекторов, их чувствительность и селективность. Области применения газовой хроматографии.

**Жидкостная хроматография.** Виды жидкостной хроматографии. Преимущества высокоэффективной жидкостной хроматографии. Схема жидкостного хроматографа. Детекторы, их чувствительность и селективность.

**Адсорбционная жидкостная хроматография.** Нормально-фазовый и обращенно-фазовый варианты. Полярные и неполярные неподвижные фазы и принципы их выбора. Модифицированные силикагели как сорбенты. Подвижные фазы и принципы их выбора. Области применения адсорбционной жидкостной хроматографии.

**Ионообменная хроматография.** Строение и физико-химические свойства ионообменников. Ионнообменное равновесие. Селективность ионного обмена и факторы, определяющие его. Области применения ионообменной хроматографии. Ионная хроматография как вариант высокоэффективной ионообменной хроматографии. Особенности строения и свойства сорбентов для ионной хроматографии. Одноколоночная и двухколоночная ионная хроматография, их преимущества и недостатки. Ионохроматографическое определение катионов и анионов. Ион-парная и лигандообменная хроматография. Общие принципы. Подвижные и неподвижные фазы. Области применения.

**Эксклюзионная хроматография.** Общие принципы метода. Подвижные и неподвижные фазы. Особенности механизма разделения. Определяемые вещества и области применения метода.

**Планарная хроматография.** Общие принципы разделения. Способы получения плоскостных хроматограмм (восходящей, нисходящей, круговой, двумерной). Реагенты для проявления хроматограмм. Бумажная хроматография. Механизмы разделения. Подвижные фазы. Преимущества и недостатки. Тонкослойная хроматография. Механизмы разделения. Сорбенты и подвижные фазы. Области применения.

2.3. Шкала оценивания знаний, умений и навыков является единой для всех дисциплин (приведена в 3.2)

### 3. Оценочные средства для промежуточной аттестации

#### 3.1. Вопросы для подготовки к экзамену:

### 3 семестр

1. Виды анализа. Стадии химического анализа. Основные характеристики методов анализа. Абсолютные и относительные методы. Выбор метода анализа. Способы повышения чувствительности и избирательности методов. Автоматизация анализа.
2. Пробоотбор и пробоподготовка. Представительность пробы в химическом анализе. Отбор средней пробы. Подготовка пробы к анализу.
3. Основные типы химических реакций, используемых в аналитической химии. Химическое равновесие в гомогенных и гетерогенных системах. Термодинамическая, концентрационная и условная константы равновесия.
4. Скорость химических реакций, используемых в аналитической химии. Факторы, влияющие на скорость реакции. Индуцированные цепные и сопряженные реакции окисления-восстановления, их роль в химическом анализе.
5. Протолитическая теория кислот и оснований. Равновесие в системе: кислота - сопряженное основание - растворитель. Константы кислотности, основности, автопротолиза. Нивелирующий и дифференцирующий эффекты растворителя.
6. Кислотно-основное титрование. Кривые титрования. Кислотно-основные индикаторы. Погрешности метода кислотно-основного титрования. Титрование смесей кислот и оснований. Титрование в неводных средах.
7. Типы и свойства комплексных соединений, используемых в аналитической химии. Количественная характеристика реакций комплексообразования: константа устойчивости. Ступенчатое комплексообразование. Использование комплексных соединений для разделения, концентрирования, маскирования, обнаружения, определения элементов.
8. Органические реагенты в химическом анализе. Функционально-аналитические и аналитико-активные группы. Влияние строения молекулы на свойства реагента. Применение органических реагентов в анализе.
9. Комплексометрическое титрование. Преимущества аминополикарбонновых кислот перед другими органическими титрантами. Металлохромные индикаторы, требования к ним. Способы титрования. Практическое применение.
10. Обратимые и необратимые окислительно-восстановительные системы и их потенциалы. Уравнение Нернста. Стандартный и реальный окислительно-восстановительные потенциалы. Направление окислительно-восстановительных реакций.
11. Окислительно-восстановительное титрование. Факторы, влияющие на величину скачка потенциала, способы обнаружения конечной точки титрования.
12. Перманганатометрическое, бихроматометрическое, иодометрическое титрование. Первичные и вторичные стандарты. Индикаторы. Примеры практического применения.
13. Константы равновесия реакций осаждения. Растворимость осадков. Факторы, влияющие на растворимость. Образование осадков. Кристаллические и аморфные осадки, условия осаждения.
14. Причины загрязнения осадков: совместное осаждение, соосаждение, последующее осаждение. Виды соосаждения. Приемы, способствующие получению чистых осадков.
15. Сущность гравиметрических методов. Сущность. Осаждаемая и гравиметрическая формы. Примеры практического применения.

16. Методы разделения элементов, основанные на осаждении неорганическими и органическими реагентами. Использование соосаждения для концентрирования микрокомпонентов. Неорганические и органические коллекторы.
17. Основы экстракции как метода разделения и концентрирования. Константа распределения, коэффициент распределения. Константа экстракции. Фактор разделения. Условия экстракции неорганических и органических соединений. Практическое применение экстракции.

#### **4 семестр**

1. Хроматографические методы. Принципы и классификация. Хроматограммы и способы их получения. Основные теоретические положения и характеристики методов. Газовая хроматография. Требования к стационарным и подвижным фазам. Примеры практического применения.
2. Жидкостная хроматография. Требования к стационарным и подвижным фазам. Ионная хроматография. Бумажная и тонкослойная хроматография. Принципы методов. Примеры практического применения.
3. Электрохимические методы. Природа аналитического сигнала. Классификация методов. Электрохимическая ячейка. Индикаторные электроды и электроды сравнения.
4. Прямая потенциометрия. Индикаторные электроды. Классификация ионоселективных электродов. Характеристики ионоселективных электродов: электродная функция, коэффициент селективности, время отклика. Способы определения коэффициента селективности. Способы прямых потенциометрических измерений. Практическое применение ионометрии.
5. Потенциометрическое титрование. Общая характеристика метода. Способы нахождения конечной точки титрования. Индикаторные электроды в кислотно-основном, окислительно-восстановительном и осадительном титровании.
6. Кулонометрия. Законы Фарадея. Прямая кулонометрия. Условия потенциометрических измерений: достижение 100%-ного выхода по току; измерение количества электричества; определение конца электрохимической реакции.
7. Кулонометрическое титрование. Примеры определения электро-активных и электронеактивных веществ. Электрогенерированные кулонометрические титранты. Условия титрования: обеспечение 100%-ного выхода по току; измерение количества электричества; определение конца химической реакции. Преимущества перед другими титриметрическими методами.
8. Вольтамперометрия. Основы метода. Особенности электрохимической ячейки. Теоретические основы классической полярографии. Характеристики полярограммы. Потенциал полуволны. Диффузионный ток. Уравнение Ильковича. Практическое применение полярографии.
9. Полярографический спектр. Качественный анализ. Количественный анализ. Способы определения концентрации вещества. Возможности и ограничения метода.
10. Современные разновидности полярографии. Способы улучшения соотношения фарадеевский/емкостный ток. Возможности и ограничения осциллографической, импульсной и переменноточковой полярографии. Суть метода инверсионной вольтамперометрии.

11. Амперометрическое титрование. Выбор условий амперометрического титрования. Виды кривых титрования. Примеры практического применения.
12. Кинетические методы. Принцип методов. Индикаторные реакции. Метрологические характеристики некаталитических и каталитических методов.
13. Важнейшие характеристики спектральных линий (положение, интенсивность, ширина). Атомные и молекулярные спектры. Взаимосвязь основных характеристик спектральных линий с природой и количеством вещества (качественный и количественный анализ).
14. Атомно-эмиссионный метод. Источники возбуждения и атомизации. Физико-химические процессы в плазме. Качественный и количественный анализ. Области применения, метрологические характеристики методов.
15. Атомно-абсорбционный метод. Основные принципы. Использование пламен для атомизации вещества. Физико-химические процессы в пламенах. Непламенные методы атомизации. Селективность и чувствительность метода. Примеры практического применения.
16. Спектрофотометрический метод. Основной закон поглощения электромагнитного излучения. Молярный коэффициент поглощения. Применение метода для определения концентрации веществ. Чувствительность и селективность метода. Выбор оптимальных условий проведения фотометрических реакций. Интервал определяемых оптических плотностей.
17. Метод дифференциальной спектрофотометрии, его возможности и преимущества. Спектрофотометрические методы изучения равновесий в растворах. Определение констант кислотной диссоциации органических соединений.
18. Люминесцентный метод. Основные закономерности молекулярной люминесценции. Закон Вавилова. Закон Стокса-Ломмеля. Правило зеркальной симметрии спектров поглощения и люминесценции (правило Левшина).
19. Тушение люминесценции. Классификация люминесценции. Чувствительность и селективность метода. Примеры практического применения.
20. Рентгеновские методы. Основные положения. Метрологические характеристики. Области применения.
21. Масс-спектрометрические методы. Основные положения. Метрологические характеристики. Области применения.
22. Аналитический сигнал. Способы выражения зависимости аналитический сигнал-содержание. Соотношение аналитический сигнал/шум. Контрольный опыт. Способы определения концентрации веществ. Правильность и воспроизводимость. Классификация погрешностей. Систематические погрешности. Проверка правильности анализа. Стандартные образцы.
23. Случайные погрешности. Статистическая обработка результатов измерений. Закон нормального распределения. t-Распределение. Сравнение дисперсий и средних двух методов анализа.

### 3.2. Шкала и критерии оценивания

Шкала оценивания знаний, умений и навыков является единой для всех дисциплин

<b>ШКАЛА И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТА ОБУЧЕНИЯ по дисциплине (модулю)</b>				
Оценка	2	3	4	5
Результат				
Знания	Отсутствие знаний	Фрагментарные знания	Общие, но не структурированные знания	Сформированные систематические знания
Умения	Отсутствие умений	В целом успешное, но не систематическое умение	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение (допускает неточности непринципиального характера)	Успешное и систематическое умение
Навыки (владения)	Отсутствие навыков	Наличие отдельных навыков	В целом, сформированные навыки, но не в активной форме	Сформированные навыки, применяемые при решении задач

#### **Критерии оценивания устного ответа на экзамене**

Критерии оценки	Характеристика требований к результатам аттестации
Полнота знаний программного материала	Обучающийся дал полный и правильный ответ, который изложен в определенной логической последовательности. Правильно и полно давал ответы на дополнительные вопросы ИЛИ допустил незначительные ошибки.
	Обучающийся продемонстрировал достаточную полноту знаний, при наличии несущественных неточностей, ответ изложен в логической последовательности. При ответе на дополнительные вопросы допустил незначительные ошибки.
	Обучающийся продемонстрировал фрагментарные знания и допускает неточности в определении понятий. При ответах на дополнительные вопросы допускал ошибки.
	Обучающийся продемонстрировал незнание значительной части материала. Не смог дать ответы на дополнительные вопросы.
Системность и обобщенность знаний	Обучающийся продемонстрировал полное понимание материала, изложение материала системное, раскрыл вопрос с опорой на аргументы, которые сформулированы четко
	Обучающийся продемонстрировал достаточно глубокое понимание материала, изложение материала системное, приводятся связанные между собой и другими компонентами аргументации понятия или положения
	Обучающийся допустил ошибки, нарушил системность изложения материала, использовал определения, положения

	<p>ния и выводы, не связанные непосредственно с раскрываемым вопросом</p> <p>Обучающийся продемонстрировал непонимание материала, не смог обосновать свои суждения и привести свои примеры</p>
Корректность употребления терминологического аппарата дисциплины	Обучающийся продемонстрировал хорошее знание терминов дисциплины, корректность их употребления при ответах на вопросы, в том числе дополнительные.
	Обучающийся продемонстрировал знание основных терминов дисциплины. Допущено не более 2–3-х ошибок в употреблении терминов при ответах на вопросы, в том числе дополнительные
	Обучающийся продемонстрировал знание основных терминов дисциплины. Допущено некорректное их употребление при ответах на вопросы.
	Обучающийся продемонстрировал незнание основных терминов дисциплины. Допущены серьезные ошибки при их употреблении в ответах на вопросы
Самостоятельные оценочные суждения	Обучающийся продемонстрировал способность обосновывать и излагать свои оценочные суждения, доказывать, отстаивать свою точку зрения
	Обучающийся продемонстрировал способность излагать свои оценочные суждения, доказывать, отстаивать свою точку зрения
	Обучающийся продемонстрировал умение излагать свои оценочные суждения, неубедительно доказывает свою точку зрения
	Обучающийся не продемонстрировал умение излагать свои оценочные суждения, не доказывает и не отстаивает свою точку зрения

### Соответствие оценок и критериев ответа на экзамене

Оценка	Характеристика требований к результатам аттестации
«Отлично»	<p>Теоретическое содержание освоено полностью без пробелов, системно и глубоко.</p> <p>Необходимые умения и практические навыки работы с освоенным материалом сформированы. Все задания выполнены безупречно, качество их выполнения оценено числом баллов близким к максимуму.</p>
«Хорошо»	Теоретическое содержание освоено в целом без пробелов.

	Необходимые умения и практические навыки работы с освоенным материалом в основном сформированы. Все задания выполнены с отдельными неточностями, качество выполнения большинства заданий оценено числом баллов близким к максимуму.
«Удовлетворительно»	Теоретическое содержание освоено большей частью, но пробелы не носят существенного характера. Необходимые практические навыки работы с освоенным материалом в основном сформированы. Большинство заданий выполнены, отдельные из выполненных заданий содержат ошибки. .
«Неудовлетворительно»	Теоретическое содержание освоено частично. Необходимые умения и навыки работы не сформированы или сформированы отдельные из них.

Разработчик:

**ШЕХОВЦОВА ТАТЬЯНА НИКОЛАЕВНА**, доктор химических наук, профессор кафедры аналитической химии МГУ,  
[tnshekh@yandex.ru](mailto:tnshekh@yandex.ru)

**ПРОСКУРНИН МИХАИЛ АЛЕКСЕЕВИЧ**, доктор химических наук, профессор кафедры аналитической химии МГУ,  
[proskurnin@gmail.com](mailto:proskurnin@gmail.com)

**КАРЯКИН АРКАДИЙ АРКАДЬЕВИЧ**, доктор химических наук, профессор кафедры аналитической химии МГУ,  
[aak@analyt.chem.msu.ru](mailto:aak@analyt.chem.msu.ru)

**ПИРОГОВ АНДРЕЙ ВЛАДИМИРОВИЧ**, доктор химических наук, профессор кафедры аналитической химии МГУ,  
[pirogov@analyt.chem.msu.ru](mailto:pirogov@analyt.chem.msu.ru)

**СМИРНОВА СВЕТЛАНА ВАЛЕРЬЕВНА**, кандидат химических наук, доцент кафедры аналитической химии МГУ,  
[sv\\_v\\_smirnova@mai.ru](mailto:sv_v_smirnova@mai.ru)