

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (НИ ТГУ)

САЕ Институт «Умные материалы и технологии»

УТВЕРЖДАЮ:

Директор


И.А. Курзина

« 05 »  2024 г.



Оценочные материалы по дисциплине

Аналитическая химия

по направлению подготовки

19.03.01 Биотехнология

Направленность (профиль) подготовки:

«Молекулярная инженерия»

Форма обучения

Очная

Квалификация

Бакалавр

Год приема

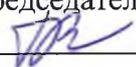
2025

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ОП


И.А. Курзина

Председатель УМК


Г.А. Воронова

1. Компетенции и индикаторы их достижения, проверяемые данными оценочными материалами

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

– ОПК-1– Способен изучать, анализировать, использовать биологические объекты и процессы, основываясь на законах и закономерностях математических, физических, химических и биологических наук и их взаимосвязях.

–ОПК-7– Способен проводить экспериментальные исследования и испытания по заданной методике, наблюдения и измерения, обрабатывать и интерпретировать экспериментальные данные, применяя математические, физические, физико-химические, химические, биологические, микробиологические методы.

Результатами освоения дисциплины являются следующие индикаторы достижения компетенций:

ИОПК-1.1. Демонстрирует способность применять законы математических, физических, химических и биологических наук и их взаимосвязи при решении поставленной задачи.

ИОПК-1.2. Владеет методами теоретического и экспериментального исследования биологических и химических процессов, анализа и обработки экспериментальных данных.

ИОПК-7.1. Проводит экспериментальные исследования и испытания по заданной методике.

ИОПК-7.2. Применяет математические, физические физико-химические, химические, биологические, микробиологические методы для наблюдения, измерения, обработки и интерпретации экспериментальных данных.

2. Оценочные материалы текущего контроля и критерии оценивания

Элементы текущего контроля:

- Тестирование
- Индивидуальное задание
- Лабораторная работа

2.1. Тест №1 (ИОПК-1.1., ИОПК-1.2.)

1. Влияние ионной силы раствора нужно учитывать при расчете равновесий в водном растворе ...
А) 0,1 М КОН
Б) 0,05 М NH₄ОН
В) 0,0001 LiОН
2. Наибольшее значение рН будет иметь 0,1 М водный раствор...
А) HNO₃
Б) CH₃COOH
В) CH₃COONa
Г) NH₄ОН
Д) КОН
3. Реакцию автопротолиза растворителя следует учитывать при расчете равновесных концентраций ионов в водных растворах ...
А) 2·10⁻⁴ М КОН
Б) 0,1 М HCl
В) 5·10⁻⁷ М КОН
Г) 0,05 М NH₄ОН
4. Расположите указанные вещества в порядке уменьшения рН водных растворов при одинаковой молярной концентрации компонентов.
А) NaCl
Б) CH₃COONa
В) Na₃PO₄
5. Реакция, обеспечивающая наиболее полное осаждение катиона ...
А) Al³⁺ + PO₄³⁻ = AlPO₄↓ K_s = 5,75·10⁻¹¹
Б) Ag⁺ + Br⁻ = AgBr↓ K_s = 5,3·10⁻¹³
В) Cu²⁺ + CrO₄²⁻ = CuCrO₄↓ K_s = 3,6·10⁻⁶

6. Наиболее устойчивым является комплекс ...
 А) $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$ $K_{\text{нест}} = 5,9 \cdot 10^{-8}$
 Б) $[\text{Ag}(\text{CN})_2]^-$ $K_{\text{нест}} = 1,4 \cdot 10^{-20}$
 В) $[\text{Ag}(\text{S}_2\text{O}_3)_3]^{5-}$ $K_{\text{нест}} = 7,1 \cdot 10^{-15}$
7. Укажите соответствие между водными растворами веществ и характером среды.
 1) KI А) Кислая
 2) LiCl Б) Нейтральная
 3) Na_2CO_3 В) Щелочная
 4) AlCl_3
8. Расположите растворители в порядке увеличения растворимости в них BaSO_4 :
 А) $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$
 Б) H_2SO_4
 В) H_2O
9. Степень диссоциации катионокислоты в растворе CuSO_4 уменьшается в случае:
 А) увеличения концентрации соли
 Б) добавления в раствор NaOH
 В) добавления в раствор HCl
 Г) охлаждения раствора
 Д) нагревания раствора
10. Направление окислительно-восстановительной реакции не зависит от ...
 А) окислительно-восстановительных потенциалов участвующих в реакции компонентов
 Б) концентраций реагирующих веществ
 В) активности веществ, находящихся в твердой фазе
 Г) ионной силы раствора
11. Если ионная сила раствора > 0 и концентрации компонентов равны 1 моль/л, то значение реального окислительно-восстановительного потенциала рассчитывают по формуле...
 А) $E^{\circ'} = E^{\circ} + 0,059/Z \lg ([\text{Ox}]/[\text{Red}])$
 Б) $E^{\circ'} = E^{\circ} + 0,059/Z \lg (\gamma_{\text{Red}}/\gamma_{\text{Ox}})$
 В) $E^{\circ'} = E^{\circ} + 0,059/Z \lg (a_{\text{Ox}}/a_{\text{Red}})$
 Г) $E^{\circ'} = E^{\circ} + 0,059/Z \lg (\gamma_{\text{Ox}}/\gamma_{\text{Red}})$
 Д) $E^{\circ'} = E^{\circ} + 0,059/Z \lg (a_{\text{Red}}/a_{\text{Ox}})$
12. Сопряженные протолитические пары – это ...
 А) $\text{H}_2\text{CO}_3 - \text{CO}_3^{2-}$
 Б) $\text{H}_3\text{PO}_4 - \text{PO}_4^{3-}$
 В) $\text{HS}^- - \text{S}^{2-}$
 Г) $\text{H}_2\text{PO}_4^- - \text{PO}_4^{3-}$
13. Укажите, какую максимальную концентрацию ионов Bi^{3+} можно допустить в растворе, содержащем 0,01 моль/л ионов S^{2-} , чтобы не произошло образование осадка ($\text{p}K_{\text{с}}^{\circ} \text{Bi}_2\text{S}_3 = 78$):
 А) $1 \cdot 10^{-72}$ моль/л;
 Б) $1 \cdot 10^{-68}$ моль/л;
 В) $1 \cdot 10^{-64}$ моль/л;
 Г) $1 \cdot 10^{-74}$ моль/л;
 Д) $1 \cdot 10^{-36}$ моль/л.
14. Для приготовления буферного раствора с pH 9 предпочтительней использовать кислоту:
 А) бензойную - $\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}$ $\text{p}K_{\text{а}} = 4,20$
 Б) дихлоруксусную - CHCl_2COOH $\text{p}K_{\text{а}} = 1,30$
 В) аминоуксусную - $\text{NH}_2\text{CH}_2\text{COOH}$ $\text{p}K_{\text{а}} = 9,77$
 Г) уксусную - CH_3COOH $\text{p}K_{\text{а}} = 4,76$
15. Уравнение материального баланса для H_2S ...
 А) $\text{C}(\text{H}_2\text{S}) = [\text{HS}^-] + [\text{S}^{2-}]$
 Б) $[\text{H}_2\text{S}] = [\text{HS}^-] + [\text{S}^{2-}]$
 В) $\text{C}(\text{H}_2\text{S}) = [\text{H}_2\text{S}] + [\text{HS}^-] + [\text{S}^{2-}]$
 Г) $[\text{S}^{2-}] + [\text{HS}^-] = [\text{H}_2\text{S}] + \text{C}(\text{H}_2\text{S})$
16. Действием дихромата калия в кислой среде ($E^{\circ} = +1,33 \text{ В}$) можно окислить...
 А) Mn^{2+} до MnO_4^- ($E^{\circ} = +1,51 \text{ В}$)
 Б) NO_2^- до NO_3^- ($E^{\circ} = +0,94 \text{ В}$)
 В) $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$ до CO_2 ($E^{\circ} = -0,49 \text{ В}$)
 Г) Br^- до BrO_3^- ($E^{\circ} = +1,45 \text{ В}$)
17. Для водного раствора щавелевой кислоты уравнение $[\text{H}^+] = [\text{HC}_2\text{O}_4^-] + 2[\text{C}_2\text{O}_4^{2-}] + [\text{OH}^-]$ называется уравнением...
 А) диссоциации
 Б) протолитиза
 В) электронейтральности

- Г) Нернста
Д) материального баланса
18. Протонофильными свойствами обладают растворители...
- уксусная кислота CH_3COOH
 - гидроксиламин NH_2OH
 - глицин $\text{NH}_2\text{CH}_2\text{COOH}$
 - диметиламин $(\text{CH}_3)_2\text{NH}$
19. Буферным действием обладает раствор ...
- $\text{HCl} + \text{NaCl}$
 - $\text{CH}_3\text{COOH} + \text{HCl}$
 - $\text{CH}_3\text{COOH} + \text{CH}_3\text{COONa}$
 - $\text{NH}_4\text{NO}_3 + \text{NH}_4\text{Cl}$
20. Аналитическую химическую реакцию можно сделать избирательной за счет...
- варьирования pH раствора
 - относительного концентрирования
 - уменьшения концентрации реагентов
 - применения маскирующих реагентов
21. В предварительные испытания входят следующие процедуры...
- определение pH водного раствора вещества
 - проверка растворимости вещества в воде и растворах кислот
 - взвешивание вещества
 - определение окраски раствора или цвета вещества
 - приготовление раствора с точно известной концентрацией
22. Органический аналитический реагент – это органическое соединение ...
- применяемое в аналитической химии для отделения неорганических и органических соединений
 - применяемое в аналитической химии
 - применяемое в аналитической химии для целей качественного анализа
 - применяемое в аналитической химии для обнаружения, отделения и количественного определения неорганических и органических соединений
23. Обнаружение ионов аммония в водном растворе проводят...
- разбавленной серной кислотой
 - концентрированной серной кислотой
 - реактивом Несслера
 - пероксидом водорода
 - спиртовым раствором йода
24. Ионы хрома (III) в щелочной среде можно обнаружить путем |добавления...А) хлорида серебра
- нитрата натрия
 - пероксида водорода
 - сульфата аммония
25. Обнаружение ионов меди(II) в водном растворе осуществляют...
- карбонатом натрия
 - концентрированной H_2SO_4
 - концентрированным аммиаком
 - пероксидом водорода
 - дихроматом калия
26. Обнаружение ионов меди (II) в среде с $\text{pH} < 7$ осуществляют...
- нитратом калия
 - концентрированной H_2SO_4
 - тиоцианатом калия
 - пероксидом натрия
 - дихроматом калия
27. Соответствие между катионами и реактивами, используемыми для их обнаружения:
- NH_4^+ А) $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{CH}_3\text{COOK}$
 - Mg^{2+} Б) $\text{K}_2[\text{HgI}_4] + \text{KOH}$
 - Ba^{2+} В) NaNO_3
 - Г) Na_2HPO_4
28. Карбонат-ионы в водном растворе можно обнаружить при помощи...
- нитрата аммония
 - хлорной воды
 - сульфида калия
 - известковой воды

- Д) аммиачной воды
29. Соответствие между определяемыми анионами и названием реактивов, используемых для их обнаружения в водном растворе:
- | | |
|------------------------------|----------------------------|
| 1. Cl^- | А) Нитрат серебра |
| 2. CH_3COO^- | Б) Этиловый спирт |
| 3. S^{2-} | В) Дифениламин |
| 4. NO_3^- | Г) Хлороводородная кислота |
| | Д) Хлорид серебра |
30. К раствору, содержащему ионы Fe^{3+} , Cr^{3+} , Zn^{2+} , K^+ и Cl^- , добавили избыток NaOH . В результате этого ...
- изменения раствора не произошло;
 - осадок не выпал и не наблюдалось вскипание раствора;
 - образовался красно-бурый осадок, и раствор окрасился в зеленый цвет;
 - образовался зеленый осадок, и раствор окрасился в коричневый цвет;
 - образовался белый осадок, и раствор окрасился в зеленый цвет.

Критерии оценивания тестовых заданий:

Студенты, успешно ответившие на вопросы теста (набравшие не < 75 % баллов), могут повысить свой рейтинг: на 30 баллов при наборе 75-85 %, на 40 баллов при наборе 85-100 % баллов теста.

Тест №2 (ИОПК-1.1., ИОПК-1.2.)

- Обозначение точки, в которой индикатор меняет свою окраску:
 - К;
 - pH;
 - T;
 - O;
 - pT;
 - pK.
- эквивалента H_3PO_4 при титровании её стандартным раствором NaOH с индикатором фенолфталеином:

а) $\frac{M(\text{H}_3\text{PO}_4)}{3}$,	б) $M(\text{H}_3\text{PO}_4)$,	в) $\frac{M(\text{H}_3\text{PO}_4)}{2}$.
---	---------------------------------	---
- Гравиметрическая форма должна:
 - не подвергаться воздействию окружающей среды;
 - иметь интенсивную окраску;
 - иметь точный постоянный стехиометрический состав;
 - иметь минимально возможную молекулярную массу;
 - быть устойчивой к прокаливанию;
 - иметь максимально возможную молекулярную массу.
- Для получения крупнокристаллических осадков осаждение проводят:
 - из концентрированных растворов;
 - из горячих растворов;
 - на холоду;
 - при медленном прибавлении осадителя и непрерывном перемешивании;
 - из разбавленных растворов;
 - в присутствии веществ, повышающих растворимость осадка.
- Гравиметрический множитель при определении $\text{Mg}(\text{II})$ в виде $\text{Mg}_2\text{P}_2\text{O}_7$:

а) $\frac{M(\text{Mg}_2\text{P}_2\text{O}_7)}{2M(\text{Mg}^{2+})}$;	б) $\frac{M(\text{Mg})}{M(\text{Mg}_2\text{P}_2\text{O}_7)}$;
в) $\frac{M(\text{Mg}_2\text{P}_2\text{O}_7)}{M(\text{Mg}^{2+})}$;	г) $\frac{2M(\text{Mg})}{M(\text{Mg}_2\text{P}_2\text{O}_7)}$.
- Фактор эквивалентности $\text{Al}(\text{III})$ в реакции с ЭДТА:
 - 1/6;
 - 1;
 - 1/2;
 - 1/3;
 - 1/4;
 - 1/5.
- Соответствие между кислотностью среды и состоянием ЭДТА:

а) pH 2–3;	а) HY^{3-}
б) pH 7–9;	б) Y^{4-} ;
в) pH 4–5;	в) H_4Y ;
г) pH 10–12;	г) H^2Y^{2-}
- Окислительно-восстановительные индикаторы – это органические реагенты, которые изменяют свою окраску при:
 - изменении pH раствора;
 - образовании комплексных соединений с титрантом;

- в) определённом значении потенциала;
 г) образовании комплексных соединений с титруемыми ионами.
 9. Содержание CuSO_4 при йодометрическом определении рассчитывают по формуле:

$$\text{а) } m(\text{CuSO}_4) = \frac{c\left(\frac{1}{2} \text{I}_2\right) \cdot V(\text{I}_2) \cdot M(\text{CuSO}_4)}{1000} ;$$

$$\text{б) } m(\text{CuSO}_4) = \frac{c\left(\frac{1}{2} \text{I}_2\right) \cdot V(\text{I}_2) - c(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) \cdot V(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) \cdot M(\text{CuSO}_4)}{1000} ;$$

$$\text{в) } m(\text{CuSO}_4) = \frac{c(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) \cdot V(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) \cdot M(\text{CuSO}_4)}{1000} ;$$

$$\text{г) } m(\text{CuSO}_4) = \frac{c(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) \cdot V(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) \cdot M(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3)}{1000} .$$

10. Для получения крупнокристаллических осадков осаждение проводят:

- а) из концентрированных растворов;
 б) из горячих растворов;
 в) на холоду;
 г) из разбавленных растворов.
 11. Промывная жидкость для осадка $\text{Fe}(\text{OH})_3$:
 а) H_2O ;
 б) NH_4NO_3 ;
 в) H_2SO_4 ;
 г) NH_4OH

12. На величину скачка титрования раствора слабой кислоты сильным основанием в водной среде влияют:

- а) температура, ионная сила раствора;
 б) константа диссоциации кислоты, концентрация кислоты, температура;
 в) рТ индикатора, разбавление раствора;
 г) концентрация титранта, ионная сила раствора, температура.

13. Молярная масса эквивалента фосфорной кислоты при титровании ее стандартным раствором NaOH с индикатором фенолфталеином (рТ=9):

$$\text{а) } \frac{M(\text{H}_3\text{PO}_4)}{3} ; \text{ б) } M(\text{H}_3\text{PO}_4); \text{ в) } \frac{M(\text{H}_3\text{PO}_4)}{2} ; \text{ г) } 2M(\text{H}_3\text{PO}_4)$$

14. Интервал рН изменения окраски индикатора зависит от:

- а) концентрации индикатора;
 б) константы диссоциации индикатора;
 в) рН титруемого раствора;
 г) интенсивности окраски индикатора.
 15. Величина рН в точке эквивалентности меньше 7 при титровании:
 а) сильной кислоты сильным основанием;
 б) слабого основания сильной кислотой;
 в) сильного основания сильной кислотой;
 г) слабой кислоты сильным основанием.
 16. H_3PO_4 следует титровать до NaH_2PO_4 с:
 а) фенолфталеином, рТ=9;
 б) метиловым оранжевым, рТ=4;
 в) тимолфталеином, рТ=10;
 г) лакмусом, рТ=7;
 д) любым из этих индикаторов.

17. Соответствие между типом индикаторной погрешностью и условиями титрования:

1.Водородная	а) HCl титруют раствором NaOH с фенолфталеином, рТ =9
2.Основная	б) NaOH титруют раствором HCl с метиловым красным, рТ =5
3.Гидроксильная	в) $\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}$ титруют раствором NaOH с бромфеноловым красным, рТ =5.9
4.Кислотная	г) NH_4OH титруют раствором HCl с бромтимоловым синим, рТ =7.3

18. Формула расчета интервала изменения окраски редокс-индикатора:

$$\text{а) } E = E_{\text{Ind}}^o + \frac{0,059}{n} ; \quad \text{б) } E = E_{\text{Ind}}^o + 0,059; \quad \text{в) } E = E_{\text{Ind}}^o \pm \frac{0,059}{n} ; \quad \text{г) } E = E_{\text{Ind}}^o \pm 1; \quad \text{д) } E = E_{\text{Ind}}^o - \frac{0,059}{n} ;$$

19. Окислительно-восстановительные индикаторы – это органические аналитические реагенты, которые изменяют свою окраску при:
- а) определенном значении потенциала;
 - б) образовании комплексного соединения с титрантом;
 - в) изменении pH
 - г) образовании комплексного соединения с титруемыми ионами
20. Йодометрическое определение $S_2O_3^{2-}$ предусматривает:
- а) прямое титрование;
 - б) обратное титрование;
 - в) титрование по методу замещения;
 - г) реверсивное титрование
21. Число молей эквивалента Ca^{2+} при перманганатометрическом определении его способом обратного титрования рассчитывают по формуле:
- а) $n(1/2 Ca^{2+}) = n(1/5 MnO_4^-)$
 - б) $n(1/2 Ca^{2+}) = n(1/5 MnO_4^-) - n(1/2 C_2O_4^{2-})$
 - в) $n(1/2 Ca^{2+}) = n(1/2 C_2O_4^{2-})$
 - г) $n(1/2 Ca^{2+}) = n(1/2 C_2O_4^{2-}) + n(1/5 MnO_4^-)$
22. Индикаторная погрешность при определении Fe(II) титрованием раствором $Ce(SO_4)_2$ с индикатором, E°_{Ind} которого больше $E^{\circ}_{TЭ}$, рассчитывается по формуле:

$$а) E^{\circ}_{Ind} = E^{\circ}_{Ce^{4+}/Ce^{3+}} + \frac{0,059}{1} \lg \frac{\Delta}{1 - \Delta}$$

$$б) E^{\circ}_{Ind} = E^{\circ}_{Fe^{3+}/Fe^{2+}} + \frac{0,059}{1} \lg \frac{\Delta}{1 - \Delta}$$

$$в) E^{\circ}_{Ind} = E^{\circ}_{Ce^{4+}/Ce^{3+}} + \frac{0,059}{1} \lg \frac{1 - \Delta}{\Delta}$$

23. В качестве первичного стандарта (установочного вещества) для стандартизации раствора ЭДТА можно использовать
- а) $Na_2C_2O_4$;
 - б) $Na_2B_4O_7 \cdot H_2O$
 - в) Zn (металлический) после растворения навески в кислоте;
 - г) $K_2Cr_2O_7$;
 - д) KIO_3 .
24. При прямом комплексонометрическом титровании окраска раствора изменяется, потому что в конечной точке титрования протекает реакция:
- а) $M^{n+} + Ind^- \rightarrow MInd^{(n-1)+}$;
 - б) $MInd^{n-1} + H_2Y^{2-} \rightarrow MY^{n-4} + Hind + H^+$;
 - в) $M^{n+} + H_2Y^{2-} \rightarrow MY^{n-4} + 2H^+$

Критерии оценивания тестовых заданий:

Студенты, успешно ответившие на вопросы теста (набравшие не < 75 % баллов), могут повысить свой рейтинг: на 30 баллов при наборе 75-85 %, на 40 баллов при наборе 85-100 % баллов теста.

2.2. Индивидуальное домашнее задание (ИОПК-1.1., ИОПК-1.2., ИОПК-7.1.)

Вариант 1

1. Принципы расчета химических равновесий.
2. Какие соединения в водном растворе являются кислотами, а какие основаниями с точки зрения теории Бренстеда-Лоури: CO_3^{2-} , HCO_3^- , NH_4^+ , $HCOOH$, NH_3 ? Укажите сопряженные пары.
3. Составьте схему анализа смеси катионов: K^+ , Pb^{2+} , Ba^{2+} , Hg_2^{2+} . Напишите реакции.
4. Предел обнаружения ионов калия в виде $K_2Na[Co(NO_2)_6]$ равен 20 мкг/мл. Можно ли использовать эту реакцию для контроля ионов K^+ в сточных

водах, если концентрация калия в них не превышает $5 \cdot 10^{-5}$ моль/л?

5. Рассчитайте и сравните степень диссоциации 0,1 М бензойной кислоты при pH 1 и pH 8. Покажите, в какой преимущественно форме будет находиться бензойная кислота при указанных значениях pH.

6. Концентрации водных растворов CH_3COONa , NaHCO_3 , $\text{C}_6\text{H}_5\text{COONH}_4$, $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ равны. Запишите уравнения диссоциации брэнстедовых кислот и оснований. Какой из растворов будет иметь минимальное значение pH?

Вариант 2

1. Классификация титриметрического метода анализа по типу химической реакции, лежащей в основе определения.

2. Определение устраняемой (карбонатной) и постоянной жёсткости воды.

3. Первичные и вторичные стандарты метода кислотно-основного титрования. Напишите уравнения реакций, укажите факторы эквивалентности.

4. Рассчитайте pH при титровании раствора H_3PO_4 раствором NaOH , если к 100 мл 0,1М H_3PO_4 прибавлено 125,00 мл 0,1М NaOH .

5. Образец, содержащий $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ растворили и к раствору добавили избыток K_2CrO_4 . После выделения осадка BaCrO_4 его отфильтровали и растворили для превращения CrO_4^{2-} в $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$. К полученному раствору добавили избыток KI и на титрование выделившегося иода израсходовали 48,7 мл раствора тиосульфата с концентрацией 0,1370 моль/л. Рассчитайте массовую долю (%) $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ в образце, если для анализа взяли навеску 0,6460 г.

6. Вычислите индикаторную погрешность титрования раствора ванадия (III) раствором $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ в сернокислой среде при pH=0 в присутствии индикатора ферроина ($E_{\text{ind}}^0 = 1,06\text{В}$).

Вариант 3

1. Дайте понятие коэффициентов активности ионов в растворе. Приведите расчетные формулы, укажите факторы, влияющие на их величину.
2. Какие современные представления о процессах комплексообразования в растворах существуют? Дайте понятие константам равновесия комплексообразования.
3. К смеси K_2CrO_4 и KBr равных концентраций (0,5 моль/л) прибавляют раствор AgNO_3 . Какой ион выпадет в осадок в первую очередь? Сколько останется этого иона в растворе (моль/л) к моменту полного осаждения второго?
4. Вычислите растворимость Co в 1 М растворе HCl с учетом растворимости H_2 в воде, составляющей $8 \cdot 10^{-4}$ моль/л. (Константы равновесия редокс-переходов $K_{\text{r},(\text{Co}^{2+}/\text{Co})} = 10^{-10}$; $K_{\text{r},(2\text{H}^+/\text{H}_2)} = 1$).
5. Что такое «автопротолиз» растворителя. Следует ли его учитывать при расчете концентрации H^+ -ионов в водном растворе HClO_4 ($c = 1 \cdot 10^{-7}$ М)?
6. Приведите оптимальную схему обнаружения в растворе катионов NH_4^+ , Pb^{2+} , Ba^{2+} .

Вариант -4

7. Сущность гравиметрического метода анализа. Его достоинства и недостатки.
8. Первичные и вторичные стандарты метода кислотно-основного титрования. Напишите уравнения реакций, укажите факторы эквивалентности.
9. Рассчитайте массу навески руды, содержащей около 60% Fe_2O_3 , чтобы при титровании раствора железа (II), полученного после ее обработки, расходовалось

25 мл раствора KMnO_4 с молярной концентрацией эквивалента 0,1 моль/л.

10. Навеску феррохрома массой 0,4999 г растворили и окислили хром до $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$. К полученному раствору добавили 25 мл 0,1 М раствора соли Мора, на титрование избытка которой пошло 3,50 мл раствора перманганата калия с $c(1/5 \text{KMnO}_4) = 0,05$ моль/л. Рассчитайте массовую долю (%) хрома в феррохроме.

Вариант -5

1. Построение кривых титрования в редоксиметрии. Обоснование использования расчетных формул до и после точки эквивалентности, вывод формулы для расчета потенциала в точке эквивалентности.
2. Сущность комплексонометрического титрования. Какие комплексоны находят наибольшее применение в анализе? Почему?
3. Для установления концентрации HCl 0,1735 г Na_2CO_3 растворили в произвольном объёме воды и оттитровали в присутствии индикатора метилового оранжевого. В трёх параллельных опытах израсходовали: 19,48; 19,45; 19,49 мл раствора HCl . Вычислите концентрацию раствора HCl и погрешность её определения.
4. Навеску смеси NaCl и NaNO_3 массой 0,8180 г растворили в мерной колбе вместимостью 200 мл. На титрование 20 мл раствора израсходовали 18,35 мл раствора AgNO_3 с $T(\text{AgNO}_3/\text{KCl}) = 0,003442$ г/мл. Вычислите массовую долю (%) NaCl и NaNO_3 в смеси.

Вариант -6

1. Чем вызваны потери осадка при длительном промывании водой? Как это предотвратить?
2. Йодометрическое определение As(III) . Обоснуйте условия определения, напишите уравнения реакций.
3. К раствору, полученному после растворения навески анализируемой пробы массой 0,1500 г, содержащей Ga(III) , добавили буферный раствор с $\text{pH } 10$ и избыток MgY^{2-} . На титрование выделившегося Mg(II) с эриохромовым чёрным Т израсходовали 5,91 мл 0,0701 М раствора ЭДТА. Рассчитайте массовую долю (%) галлия в навеске.
4. Для установления точной концентрации раствора H_2SO_4 по буре использовали метод отдельных навесок. На титрование навески 0,4263 г $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ израсходовали 22,35 мл раствора H_2SO_4 . Какова молярная концентрация эквивалента раствора H_2SO_4 ?

Вариант -7

1. От каких факторов зависит полнота протекания кислотно-основных реакций в протолитометрии? Влияние природы растворителя. Рассмотреть на примере титрования слабого основания сильной кислотой.
2. Меркурометрия. Приготовление и стандартизация рабочего раствора, определяемые ионы, индикаторы.
3. Сколько было мышьяка в растворе арсенита, если на титрование этого раствора израсходовано 18,48 мл раствора KBrO_3 с молярной концентрацией эквивалента 0,1050 моль/л?
4. При анализе пробы сточной воды объёмом 100 мл на содержание сульфат-ионов их осадили раствором BaCl_2 . Осадок сульфата бария отфильтровали, промыли и растворили в 30 мл 0,025 М раствора ЭДТА. Избыток ЭДТА оттитровали, израсходовав 15 мл 0,025 М раствора MgCl_2 . Рассчитайте концентрацию сульфат-ионов (мг/л) в образце.

Оценка «зачтено» выставляется в случае, если студент верно ответил на все вопросы задания.

Оценка «не зачтено» выставляется в случае, если студент ответил на вопросы задания с существенными ошибками.

2.3. Лабораторная работа (ИОПК-7.1., ИОПК-7.2.)

Тематика лабораторных работ:

- Правила работы и техника безопасности в аналитической лаборатории.
- Аналитические реакции катионов I аналитической группы. Аналитические реакции катионов II и III аналитических групп. Анализ смеси катионов I – III аналитических групп.
- Аналитические реакции катионов IV аналитической группы. Аналитические реакции катионов V аналитической группы. Аналитические реакции катионов VI аналитической группы.
- Качественный анализ сухой соли. Качественный анализ смеси солей.
- Определение массы серной кислоты в растворе. Гравиметрическое определение содержания никеля в соли. Гравиметрический анализ соли.
- Приготовление и стандартизация раствора хлороводородной кислоты. Определение временной жесткости воды. Определение массы щелочи и карбоната натрия при их совместном присутствии. Определение массы аммиака в солях аммония.
- Приготовление раствора $KMnO_4$ и его стандартизация. Определение массы железа(II) в растворе. Приготовление раствора тиосульфата натрия. Приготовление раствора дихромата калия. Стандартизация раствора тиосульфата натрия. Определение массы ионов меди(II) в растворе. Приготовление стандартного раствора йода. Определение массы сульфид- и тиосульфат-ионов в растворе при их совместном присутствии. Приготовление стандартного раствора бромата калия. Определение массы сурьмы (III) в растворе.
- Приготовление стандартного раствора NH_4CNS . Стандартизация раствора нитрата серебра. Определение массы бромида калия в растворе по методу Фольгарда.
- Приготовление и стандартизация раствора ЭДТА. Определение массы кальция и магния при их совместном присутствии. Определение массы ионов кобальта(II). Определение общей жесткости воды.
- Определение нитрат-ионов в растворе с помощью ионоселективного электрода. Определение массы фосфорной кислоты в растворе. Определение содержания хлороводородной и уксусной кислот в растворе при их совместном присутствии. Определение массы хлорид- и иодид-ионов в растворе при их совместном присутствии. Определение массы железа(III) в растворе методом комплексометрического потенциометрического титрования. Дихроматометрическое потенциометрическое определение массы железа(II) в растворе.
- Определение содержания Na_2SO_4 в растворе. Разделение смеси меди(II) и железа(III) методом ионообменной хроматографии с последующим количественным их определением.

Критерии оценивания:

- Правильность формулировки выводов – 2 б.

- Точность и аккуратность выполнения всех записей и рисунков – 1 б.
- Соблюдение правил техники безопасности при выполнении работ – 7 б.

3. Оценочные материалы итогового контроля (промежуточной аттестации) и критерии оценивания

Зачет проводится в устной форме по билетам. Билет включает теоретические вопросы (2-4) и две задачи, проверяющие ИОПК-1.1., ИОПК-1.2. ИОПК-7.1., ИОПК-7.2..Время для подготовки: 1,5 часа.

Пример теоретических вопросов зачетного билета:

1. Классификация растворителей. Константа автопротолиза.
2. Закон действия масс, границы его применимости. Константа равновесия, равновесные концентрации.
3. Реакции комплексообразования в аналитической химии. Комплексы катионного и анионного типа. Номенклатура.
4. Напишите реакции группового реагента с ионами Al^{3+} , Zn^{2+} , Cr^{3+} .
5. Вычислите значение реального (формального) потенциала E^0 в случае редокс-перехода $MnO_4^- + 5e + 8H^+ = Mn^{2+} + 4H_2O$ в растворе с pH 1 при ионной силе $I = 0,1$ ($E^0_{MnO_4^- / Mn^{2+}} = 1,51$ В).
6. Чему равны pH и емкость буферного раствора - π, состоящего из 0,1 М раствора фталевой кислоты $C_6H_4(COOH)_2$ и 0,05 М бифталата калия $C_6H_4(COOH)(COOK)$? ($K_{1,C_6H_4(COOH)_2} = 1,2 \cdot 10^{-3}$; $K_{2,C_6H_4(COOH)_2} = 3,9 \cdot 10^{-6}$).

Пример задачи зачетного билета:

1. Почему комплексонометрическое определение ионов Co^{2+} , Zn^{2+} , Ni^{2+} , Cu^{2+} , Cd^{2+} проводят в среде аммиачного буфера? Напишите химическую реакцию титрования катиона раствором ЭДТА в данных условиях (для любого катиона). Как влияет эта среда на величину скачка на кривой комплексонометрического титрования? Ответ обоснуйте и проиллюстрируйте графическим рисунком.
2. Можно ли использовать индикатор 2-нитрофенол (pT=4) при титровании 0,05 М раствора NH_4OH 0,05 М раствором HCl , чтобы погрешность титрования не превышала $\pm 0,2$ %?
3. Во сколько раз растворимость $BaSO_4$ в дистиллированной воде больше, чем в промывной жидкости, приготовленной смешиванием 200 мл воды и 2 мл 1 М раствора H_2SO_4 ?

Текущий контроль осуществляется с применением модульной балльно-рейтинговой системы. Организация работ при модульной балльно-рейтинговой системе оценки знаний:

- Посещение лекций и других видов занятий обязательно, за исключением случаев перевода студентов на индивидуальное обучение по решению Совета ХФ.
- Студент должен выполнить все виды работ; исключается вариант набора необходимого балла за счет успешной сдачи других заданий.
- Работа или ее раздел считается принятой, если она выполнена не менее чем на 60 %.
- Студент, не присутствующий на семинарском занятии по уважительной причине, может сдать пропущенную тему на оценку в ближайшее занятие или во время консультации путем решения задач. Пересдача темы не разрешается.
- Каждый студент обязан сдать модуль в пределах указанного срока, по истечении которого результат сдачи учитывается с соответствующим коэффициентом (K) по

рейтингу: позднее установленного времени без уважительной причины, либо первичная передача на положительную оценку – $K = 0,8$; передача во второй раз – $K = 0,5$.

Текущий контроль влияет на промежуточную аттестацию. Студенты, набравшие от общего числа баллов за текущий контроль (1360 баллов) не менее 90% (1224 балла) и не менее 80% баллов за тестирование, получают оценку «отлично» без экзамена.

Балл, полученный за экзамен (максимально 640 баллов), складывается с суммой баллов, набранных за текущий контроль в семестре, и за результат тестирования, затем выставляется оценка в соответствии со шкалой (таблица) от максимального балла 2000 по всем видам контроля.

Студенты, набравшие в условиях модульной балльно-рейтинговой системы менее 90% (<1224 балла), получают зачёт и сдают экзамен.

Итоговая шкала оценивания

Количество баллов	Оценка	Вывод о сформированных компетенциях
1800–2000	Отлично	Компетенции сформированы полностью
1500–1799	Хорошо	Компетенции сформированы частично
1200–1499	Удовлетворительно	Компетенции сформированы фрагментарно
<1200	Неудовлетворительно	Компетенции не сформированы

4. Оценочные материалы для проверки остаточных знаний (сформированности компетенций)

Пример расчетных задач (ИОПК-1.1., ИОПК-7.2.):

1. Дана окислительно-восстановительная реакция: Напишите полуреакции и расставьте коэффициенты в общей реакции. Определите $f_{\text{экв}}$ и эквиваленты участников реакции. Дайте название методу, в основе которого лежит данная реакция. Какой способ титрования при этом используется? Приведите формулу, по которой можно рассчитать содержание определяемого иона (г/л). Рассчитайте потенциал в точке эквивалентности. (Ответ:

* Полуреакции: $\text{Fe}^{2+} \rightarrow \text{Fe}^{3+} + e^-$, $\text{MnO}_4^- + 8\text{H}^+ + 5e^- \rightarrow \text{Mn}^{2+} + 4\text{H}_2\text{O}$

* Суммарная реакция с коэффициентами: $\text{MnO}_4^- + 5\text{Fe}^{2+} + 8\text{H}^+ \rightarrow \text{Mn}^{2+} + 5\text{Fe}^{3+} + 4\text{H}_2\text{O}$

* $f_{\text{экв}}(\text{MnO}_4^-) = 5$, $f_{\text{экв}}(\text{Fe}^{2+}) = 1$

* Эквивалент $\text{MnO}_4^- = 23.8$ г/моль, Эквивалент $\text{Fe}^{2+} = 55.8$ г/моль

* Метод: Перманганатометрия

* Способ титрования: Прямое титрование

Формула для расчета: Содержание Fe^{2+} (г/л) = $\frac{V(\text{KMnO}_4) \cdot C(\text{KMnO}_4) \cdot M(\text{Fe}^{2+})}{f_{\text{экв}}(\text{Fe}^{2+})} / V(\text{Fe}^{2+})$

* $E^\circ = +1,14$ В)

2. Чему равны рН и емкость буферного раствора - π , состоящего из 0,1 М раствора фталевой кислоты $\text{C}_6\text{H}_4(\text{COOH})_2$ и 0,05 М бифталата калия $\text{C}_6\text{H}_4(\text{COOH})(\text{COOK})$? ($K_1, \text{C}_6\text{H}_4(\text{COOH})_2 = 1,2 \cdot 10^{-3}$; $K_2, \text{C}_6\text{H}_4(\text{COOH})_2 = 3,9 \cdot 10^{-6}$).

(Ответ: * рН буферного раствора = 2,62. Емкость буферного раствора $\pi = 8,67$ Дж/(мольК))

Примеры теоретических вопросов (ИОПК-1.1., ИОПК-7.2.):

1. Что называют групповым реактивом? Привести примеры.

2. Какие реакции называют общеполитическими и частными? Привести примеры.

3. Какие существуют классификации катионов и анионов в качественном анализе? (Дать развернутую характеристику)
4. Какой анализ называется дробным?

Информация о разработчиках

Петрова Елена Васильевна, канд. хим. наук, доцент, кафедра аналитической химии, Химический факультет, Национальный исследовательский Томский государственный университет

Скворцова Лидия Николаевна, канд. хим. наук, доцент, кафедра аналитической химии, Химический факультет, Национальный исследовательский Томский государственный университет

Шелковников Владимир Витальевич, канд. хим. наук, доцент, кафедра аналитической химии, Химический факультет, Национальный исследовательский Томский государственный университет