

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

Химический факультет

УТВЕРЖДЕНО:

И.о. декана химического факультета
А. С. Князев

Оценочные материалы по дисциплине

Общепрофессиональный модуль Аналитическая химия

по направлению подготовки / специальности

04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия

Направленность (профиль) подготовки / специализация:

Фундаментальная и прикладная химия

Форма обучения

Очная

Квалификация

химик-специалист, преподаватель

Год приема

2024

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ОП
В.В. Шелковников

Председатель УМК

Л.Н. Мишенина

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

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

- БК-2. Способен использовать этические принципы в профессиональной деятельности;
- ОПК-1. Способен анализировать и интерпретировать результаты химических экспериментов, наблюдений и измерений в различных областях химии;
- ОПК-2. Способен проводить синтез, анализ, изучение структуры и свойств веществ и материалов, исследовать процессы с их участием;
- ОПК-3. Способен применять расчетно-теоретические методы для изучения свойств веществ и процессов с их участием, используя современное программное обеспечение и базы данных профессионального назначения;
- ПК-1. Способен планировать работу и выбирать адекватные методы решения научно-исследовательских задач в выбранной области химии, химической технологии или смежных с химией науках;
- ПК-2. Способен на основе критического анализа результатов НИР и НИОКР оценивать перспективы их практического применения и продолжения работ в выбранной области химии, химической технологии или смежных с химией науках;
- ПК-7. Способен проводить анализ химического состава природных и технологических объектов.

Результатами освоения дисциплины являются следующие индикаторы достижения компетенций:

РОБК 2.1 Знает основы и принципы профессиональной этики в соответствующей области профессиональной деятельности.

РООПК 1.1 Знает теоретические основы неорганической, органической, физической и аналитической химии, применяет их при решении профессиональных задач в других областях химии.

РООПК 1.2 Умеет систематизировать и интерпретировать результаты экспериментов и расчетно-теоретических работ с использованием теоретических основ традиционных и новых разделов химии.

РООПК 1.3 Умеет грамотно формулировать заключения и выводы по результатам работы.

РООПК 2.2 Знает теоретические основы методов изучения состава, структуры и свойств для грамотного выбора метода исследования.

РООПК 2.3 Умеет проводить стандартные синтезы по готовым методикам, выполнять стандартные операции для определения химического и фазового состава веществ и материалов, а также использовать серийное научное оборудование для изучения их свойств.

РООПК 3.2 Умеет решать расчетно-теоретические задачи химической направленности по разработанным методикам, использовать аппарат теоретической химии и физики для грамотной интерпретации полученных результатов

РОПК 1.2 Умеет выбирать экспериментальные и расчетно-теоретические методы решения поставленной задачи, используя достижения современной химической науки, и исходя из имеющихся, материальных, информационных и временных ресурсов.

РОПК 2.1 Умеет систематизировать информацию, полученную в ходе НИР и НИОКР, анализирует ее и сопоставляет с литературными данными

РОПК 7.1 Умеет выполнять стандартные операции пробоотбора, пробоподготовки, химического и физико-химического анализа различных объектов.

2. Оценочные материалы текущего контроля и критерии оценивания

Элементы текущего контроля:

- устный опрос;

- отчет по лабораторной работе;
- индивидуальное задание;
- реферат;
- доклад по теме реферата;
- сдача модуля;
- тестирование.

1) **Примеры вопросов для устного опроса** (РООПК 1.1)

Семинар (Гравиметрический метод анализа. Расчёты)

1. Какие стандартные операции выполняют в ходе гравиметрического анализа? Охарактеризуйте кратко цель каждой из них.
2. Какими свойствами осадка должна обладать осаждаемая форма?
3. Какими способами можно получать гравиметрическую форму?
4. Какую цель преследуют, употребляя при осаждении избыток осадителя? Почему нельзя брать слишком большой избыток?
5. Рассчитайте значение гравиметрического фактора для следующих случаев:

Определяемое вещество Гравиметрическая форма

As_2O_3	Ag_3AsO_4
$FeSO_4$	Fe_2O_3
K_2O	$KB(C_6H_5)_4$
SiO_2	$KAlSi_3O_8$

Лабораторная работа (Дихроматометрия. Определение Fe(II) с визуальной и потенциометрической индикацией) (РООПК 2.2)

1. Для чего при титровании Fe(II) раствором $K_2Cr_2O_7$ в присутствии индикатора дифениламина добавляют H_3PO_4 ? Нужно ли добавлять H_3PO_4 в случае дихроматометрического определения Fe(II) с фенилантрапиновой кислотой ($E_{Ind} = 1,08$ В)?
2. Где будет расположена точка эквивалентности на кривой титрования раствора Fe(II) раствором $K_2Cr_2O_7$ относительно точки симметричности?
3. Сравните нахождение КТТ с использованием индикатора дифениламина и из данных потенциометрического титрования. Какие существуют способы определения КТТ при потенциометрическом титровании? Какой способ более точный?
4. Обсудите результаты статистической обработки (воспроизводимость, правильность, экспрессность). Укажите на наличие или отсутствие систематической погрешности при титровании с визуальной и потенциометрической индикацией.
5. Каковы преимущества потенциометрического титрования?

Лабораторная работа (Кондуктометрическое титрование. Определение хлороводородной кислоты) (РООПК 2.2)

1. На основании уравнения реакции и данных о подвижности ионов нарисуйте предполагаемый вид кривой титрования в координатах $W - V(NaOH)$.
2. Какие факторы должны поддерживаться в процессе кондуктометрического титрования на постоянном уровне?
3. На что влияет изменение объема раствора в процессе титрования?
4. Проведите обоснование выбора кислотно-основного индикатора при определении конечной точки титрования с визуальной индикацией.

2) **Примеры теоретических индивидуальных заданий** (для реферата и доклада) (РООПК 1.1):

Задание к модулю 4. Практическое применение гравиметрического метода. Определение элементов в природных объектах, металлах и сплавах.

В работе представьте: сущность методики, условия осаждения, уравнения реакций, гравиметрическую и осаждаемую формы, структуру осадка, промывную жидкость, мешающие ионы и способы их устранения, используемую литературу; проведите необходимые расчёты навески для анализа, объёма осадителя, гравиметрического фактора.

- | | |
|---|----------------------|
| 1. S (SO ₄ ²⁻) | 8. Cu ²⁺ |
| 2. Mg ²⁺ | 9. Pb ²⁺ |
| 3. P (PO ₄ ³⁻) | 10. Co ²⁺ |
| 4. ΣR ₂ O ₃ (F ₂ O ₃ , Al ₂ O ₃ , MnO ₂ , TiO ₂) | 11. Cl ⁻ |
| 5. SiO ₂ | 12. Al ³⁺ |
| 6. Ca ²⁺ | 13. CO ₂ |
| 7. Ni ²⁺ | |

Информацию обобщите в форме таблицы:

Определяемый элемент	Осадитель, условия осаждения	Уравнения реакций, лежащих в основе определения	Структура осадка	Осаждаемая форма	Гравиметрическая форма	Промывная жидкость	Мешающие ионы, их устранение	Анализируемые объекты	Литература

3) Примеры расчётных индивидуальных заданий (РООПК 3.2):

Задание к модулю 5.

Постройте кривую титрования указанного протолита сильным протолитом (HCl или NaOH). Предложите подходящие индикаторы и для одного из них оцените индикаторную погрешность.

№	Протолит	Ka (Kb)	c ₀ , моль/л	V ₀ , мл	c(HCl/NaOH), моль/л
1	CH ₃ CH(OH)COOH (молочная)	Ka = 1,5 · 10 ⁻⁴	0,05	20	0,025
2	NaCN	Ka = 6,2 · 10 ⁻¹⁰	0,025	50	0,05
3	C ₆ H ₅ COOH (бензойная)	Ka = 6,3 · 10 ⁻⁵	0,1	25	0,05
4	Na ₃ PO ₄	Ka ₁ = 7,1 · 10 ⁻³	0,02	20	0,02
5	H ₃ PO ₄	Ka ₂ = 6,2 · 10 ⁻⁸ Ka ₃ = 5 · 10 ⁻¹³	0,05	100	0,1
6	H ₂ CO ₃	Ka ₁ = 4,5 · 10 ⁻⁷ Ka ₂ = 4,8 · 10 ⁻¹¹	0,1	50	0,025
7	H ₃ AsO ₄	Ka ₁ = 5,7 · 10 ⁻³ Ka ₂ = 1,1 · 10 ⁻⁷ Ka ₃ = 3,2 · 10 ⁻¹²	0,025	20	0,05
8	(CH ₃) ₂ NH + H ₂ O (диметиламин)	Kb = 5,4 · 10 ⁻⁴	0,01	100	0,02
9	HNO ₂	Ka = 6,9 · 10 ⁻⁴	0,05	50	0,025
10	HOH ₂ + H ₂ O (гидроксиламин)	Kb = 9,1 · 10 ⁻⁹	0,1	25	0,05
11	H ₃ BO ₃	Ka ₁ = 7,1 · 10 ⁻¹⁰ Ka ₂ = 1,8 · 10 ⁻¹³ Ka ₃ = 1,6 · 10 ⁻¹⁴	0,02	50	0,04
12	(C ₂ H ₅) ₃ N + H ₂ O (триэтиламин)	Kb = 5,1 · 10 ⁻⁴	0,05	20	0,02
13	H ₂ S	Ka ₁ = 9,5 · 10 ⁻⁸ Ka ₂ = 1,3 · 10 ⁻¹⁴	0,025	25	0,025

4) **Примеры расчётных задач** (образцы заданий для экспресс-контроля на семинарском занятии в виде небольшой СРС по решению задач на заданную тему):

Семинар (Влияние сильных электролитов на степень диссоциации слабых кислот и оснований. Расчет pH в растворах смеси кислот и оснований)

1. Сравните pH 0,1 М водных растворов NH_4OH ($K_b = 1,76 \cdot 10^{-5}$; $pK_b = 4,76$) и NaOH . Объясните их различие.
2. Бензойную кислоту $\text{HC}_7\text{H}_5\text{O}_2$ используют для консервирования некоторых пищевых продуктов, чтобы предотвратить их заплесневение и бактериальное разложение. Сколько граммов бензойной кислоты содержится в 3,00 л раствора этой кислоты с $\text{pH} = 2,80$?
3. Определите степень диссоциации HCN ($K_a = 5,0 \cdot 10^{-10}$; $pK_a = 9,30$) в растворе, состоящем из смеси 0,1 М HCN и 0,1 М NaCl .

Семинар (Буферные растворы)

1. Один из компонентов буферного раствора $\text{N}_2\text{H}_5\text{OH}$. Укажите второй компонент буферной пары ($pK_b = 6,01$).
2. Укажите pH данного буферного раствора и интервал, в котором он меняется.
3. Изменится ли pH этого буферного раствора, если его разбавить в 10 раз водой?

Семинар (Расчёт кривых титрования и индикаторных погрешностей в редоксиметрии)

Рассчитайте: 1) E при титровании 10 мл раствора $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ раствором $\text{Ce}(\text{SO}_4)_2$ при $\text{pH}=1$, если степень оттитрованности f : 0,25; 1,0; 1,1 ($E^\circ(\text{CO}_2/\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4) = -0,49 \text{ В}$, $E^\circ(\text{Ce}(\text{SO}_4)_3^{2-}/\text{Ce}^{3+}) = 1,44 \text{ В}$); 2) величину скачка (ΔE) на кривой титрования, чтобы погрешность титрования не превышала $\pm 0,2 \%$; 3) индикаторную погрешность титрования в присутствии индикатора с $E^\circ_{\text{ind}} = 0,5 \text{ В}$.

5) **Примеры заданий к модулям:**

Модуль 1 (теоретические вопросы)

1. Выведите формулу для расчета pH растворов слабых кислот на примере HCOOH . Какие приближения возможны при выводе упрощенной формулы? Укажите в каждой из перечисленных ниже пар ионов более сильную кислоту Бренстеда в воде: а) NH_4^+ или CH_3NH_3^+ ; б) Fe^{3+} или Cr^{3+} ? Ответ подкрепите расчётом.
2. Составьте уравнения: материального баланса, электронейтральности, ЗДМ для водного раствора H_3PO_4 .
3. Напишите реакции автопротолиза, выражения констант автопротолиза для воды, жидкого аммиака ($pK_{\text{SH}}=33$), безводной серной кислоты ($pK_{\text{SH}}=4$), этанола ($pK_{\text{SH}}=19$). Каков pH нейтрального раствора данных растворителей? В каком из водных растворов (0,003 М CH_3COOH , $1 \cdot 10^{-7}$ М H_2SO_4 или $1 \cdot 10^{-4}$ М HCl) следует учитывать автопротолиз растворителя при расчете концентрации H^+ -ионов? Ответ обоснуйте.

Модуль 1 (расчётные задания)

1. Рассчитайте концентрацию ионов пиридиния ($\text{C}_5\text{H}_5\text{NH}^+$) при растворении пиридина ($C=0,1$ моль/л) в муравьиной кислоте ($pK_b = 0,27$). Сравните с концентрацией этих ионов в водном растворе ($pK_b = 8,85$). Объясните различие.
2. Как изменится pH 0,20 М раствора H_2CO_3 при добавлении к 250 мл его 50 ммоль NaOH ?
3. Рассчитайте pH водного раствора $5 \cdot 10^{-5}$ М хлорида триметиламмония. Для $(\text{CH}_3)_3\text{N}$ $pK_b=4,09$.

Модуль 4 (теоретические вопросы)

1. Какие осадки (кристаллические или аморфные) адсорбируют растворённые вещества в большей степени? Почему? Как влияют на процесс адсорбции: а) температура; б) величина удельной поверхности осадка; г) концентрация адсорбирующегося вещества в растворе? Ответ аргументируйте.

2. Что такое относительное пересыщение? Какие индивидуальные свойства осаждаемого соединения и каким образом влияют на структуру осадка? Какова роль разбавления, перемешивания, регулирования температуры, скорости добавления осадителя при выделении CaC_2O_4 ? Сформулируйте условия аналитического выделения подобных осадков.

3. Определение никеля в виде диметилглиоксимата. Какова структура осадка? Какова техника осаждения для получения чистой осаждаемой формы? Чем промывают осадок и какие фильтры используют?

Модуль 4 (расчётные задания)

1. Для определения массовой доли (%) $\text{FeSO}_4 \cdot (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ в соли Мора навеску препарата массой 1,126 г прокалили и получили 0,2108 г Fe_2O_3 . Определите степень чистоты препарата (%).

2. Сколько мл 9,13%-ной серной кислоты (плотность 1,060 г/мл) требуется для осаждения всего бария в виде сульфата из раствора, содержащего 0,55 г чистого $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$?

3. При определении алюминия в сплаве его осадили в виде AlPO_4 . Какова максимальная относительная погрешность (%) определения Al в образце, если навеска массой 3,6500 г взята на весах с погрешностью $\varepsilon_g = \pm 0,1$ мг; осаждение провели из 20 мл раствора, создав избыточную концентрацию $[\text{PO}_4^{3-}] = 0,25$ моль/л; осадок промыли 50 мл воды? Примерное содержание Al в сплаве 30%.

Модуль 6 (теоретические вопросы)

1. На примере окисления AsO_4^{3-} -ионами I^- ионов: $\text{AsO}_4^{3-} + 2\text{I}^- + 2\text{H}^+ \leftrightarrow \text{AsO}_3^{3-} + \text{I}_2 + \text{H}_2\text{O}$ обсудите возможность обратимости редокс-реакций. Назовите условия, когда указанная реакция будет протекать вправо, и условия, когда реакция будет протекать влево практически до конца.

2. Железо (II) титруют раствором $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ при различных значениях pH: 0, 1, 3. Как учесть влияние pH при построении кривой титрования? Как это отразится на величине скачка титрования на кривой? Проиллюстрируйте рисунком.

3. Объясните принцип действия индикаторов (метилловый оранжевый, метилловый красный) в броматометрии при определении восстановителей. Почему при титровании добавляют KBr ?

4. В каких условиях (pH) проводят определение NO_2^- -иона методом перманганатометрии? Запишите реакцию, укажите факторы эквивалентности. Почему возможны потери нитрит-ионов? Какие приемы используют для их уменьшения?

Модуль 6 (расчётные задания)

1. 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 KJ 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.

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

3. Рассчитайте потенциал при титровании FeSO_4 раствором KMnO_4 в кислой среде (pH=1), если к 100 мл FeSO_4 с $c(\text{FeSO}_4) = 0,1$ моль/л прибавлено: а) 99,50 мл б) 101,25 мл KMnO_4 с $c(1/5 \text{KMnO}_4) = 0,1$ моль/л.

5) Примеры тестовых заданий (РООПК 2.2, РОПК 1.2):

1. Влияние ионной силы раствора нужно учитывать при расчете равновесий в водном растворе...

а) 0,1 М КОН

- б) 0,5 М NH₄OH
- в) 0,001 LiOH
- г) 0,1 М CH₃CH₂COOH

2. Реакцию автопротолиза растворителя следует учитывать при расчете равновесных концентраций ионов в водных растворах ...

- а) $2 \cdot 10^{-4}$ М КОН
- б) 0,1 М HCl
- в) $5 \cdot 10^{-7}$ М КОН
- г) 0,05 М NH₄OH

3. Гравиметрический множитель при определении Mg(II) в виде Mg₂P₂O₇:

- 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) $\frac{2M(\text{Mg})}{M(\text{Mg}_2\text{P}_2\text{O}_7)}$.

4. Молярная масса эквивалента H₃PO₄ 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) $\frac{M(\text{H}_3\text{PO}_4)}{2}$.

5. Гравиметрическая форма должна:

- а) не подвергаться воздействию окружающей среды;
- б) иметь интенсивную окраску;
- в) иметь точный постоянный стехиометрический состав;
- г) иметь минимально возможную молекулярную массу;
- д) быть устойчивой к прокаливанию;
- е) иметь максимально возможную молекулярную массу.

6. Для получения крупнокристаллических осадков осаждение проводят:

- а) из концентрированных растворов;
- б) из горячих растворов;
- в) на холоду;
- г) при медленном прибавлении осадителя и непрерывном перемешивании;
- д) из разбавленных растворов;
- е) в присутствии веществ, повышающих растворимость осадка.

7. Гравиметрический множитель при определении Mg(II) в виде Mg₂P₂O₇:

- 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) $\frac{2M(\text{Mg})}{M(\text{Mg}_2\text{P}_2\text{O}_7)}$.

8. Фактор эквивалентности Al(III) в реакции с ЭДТА:

- а) 1/6; б) 1; в) 1/2; г) 1/3; д) 1/4; е) 1/5.

9. Соответствие между кислотностью среды и состоянием ЭДТА:

- а) pH 2-3; а) Y³⁻;
- б) pH 7-9; б) Y⁴⁻;
- в) pH 4-5; в) H₄Y;
- г) pH 10-12; г) H₂Y²⁻.

10. Расположите вещества в порядке увеличения их растворимости в воде без учета протолиза аниона

- а) Ag₃PO₄ $pK_s = 19,89$

- б) AgBr $pK_s = 12,28$
 в) AgCl $pK_s = 9,75$
 г) Ag₂SO₄ $pK_s = 4,80$

Оценочные материалы в полном объеме содержатся в архивных материалах кафедры аналитической химии и в электронной образовательной среде.

Текущий контроль осуществляется на протяжении всего периода обучения по дисциплине в рамках организации и проведения практических занятий, лабораторных работ, самостоятельной работы студентов, сдачи модулей и оценивается баллах. Максимальный рейтинг по дисциплине «Аналитическая химия» составляет 4000 баллов: 2000 баллов приходится на 1-ю часть дисциплины – «Типы химических реакций и процессов. Методы обнаружения и идентификации, разделения и концентрирования» и 2000 баллов приходится на 2-ю часть – «Количественный анализ. Химические методы».

Рейтинг распределен по всем видам текущего контроля (текущий контроль – 1360 баллов) и промежуточную аттестацию (экзамен) – 640 баллов.

В таблице приведён пример распределения рейтинга по всем видам оценочных средств для 2-й части дисциплины.

Таблица. Рейтинг по курсу «Аналитическая химия. Часть II. Количественный анализ»

Контроль	Вид задания	Оценка задания балл	Кол-во заданий	Сумм. кол-во баллов
Текущий контроль	Лабораторные работы		8	240
	1. Гравиметрия. Определение Fe	25		
	2. Приготовление раствора HCl	20		
	3. Определение Na ₂ CO ₃	30		
	4. Перманганатометрия	20		
	5. Бихроматометрия	30		
	6. Йодометрия (учеб. работа)	20		
	7. Комплексонометрия	15		
	8. Анализ реального объекта	80		
	Семинары	20	10	200
	Индивидуальные задания		5	120
	Инд.задание 1.1.	30		
	Инд.задания 2.1., 2.2.	30		
	Инд.задания 3.1., 3.2.	20		
	Инд.задания 4.1., 4.2.	20		
Инд.задания 5.1., 5.2.	20			
Модули	1. Модуль1. (коллоквиум + контрольная работа)	100+100	4	800
	2. Модуль2. (коллоквиум + контрольная работа)	100+100		
	3. Модуль3. (коллоквиум + контрольная работа)	100+100		
	4. Модуль 4. (коллоквиум + контрольная работа)	100+100		
Текущий контроль				1360
Промежуточная аттестация (экзамен)				640
Итого				2000

По всем видам оценочных средств работа считается принятой, если она выполнена не менее, чем на 60%.

Количество набранных баллов за каждый вид текущего контроля соответствует оценке с учетом следующих требований: оценка «5» – 90–100 % баллов; оценка «4» – 75–90 % баллов; оценка «3» – 60–75 % баллов от максимального числа баллов по данному виду работ.

Текущий контроль части III «Количественный анализ. Физико-химические методы» осуществляется в форме зачёта при выполнении всех элементов текущего контроля (выполнение лабораторных работ, сдача коллоквиумов).

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

Промежуточная аттестация проводится в формах: зачёт (2), курсовая работа и экзамен (2).

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 зачёт и оценку «отлично» без экзамена.

Студенты, набравшие в условиях модульной балльно-рейтинговой системы менее 90% (<1224 балла), получают зачёт и сдают экзамен. Экзамен проводится в устной форме по билетам. Билет включает теоретические вопросы (2-4) и две задачи. Время для подготовки: 1,5 часа.

Структура экзаменационного билета соответствует компетентностной структуре дисциплины. Теоретические задания проверяют РООПК 1.1, РООПК 1.2, РООПК 1.3, РООПК 2.2. Расчётные задания направлены на проверку компетенций РООПК 2.3, РООПК 3.2 и РООПК 1.2. Ответы предполагают решение задач и краткую интерпретацию полученных результатов.

Пример образца экзаменационного билета (3 семестр)

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 рН 1 при ионной силе $I = 0,1$ ($E^0_{MnO_4^- / Mn^{2+}} = 1,51$ В).
6. Чему равны рН 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 образца экзаменационного билета (4 семестр)

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. Дана окислительно-восстановительная реакция: $NO_3^- + J^- + H^+ \Leftrightarrow NO + J_2 + H_2O$. Напишите полуреакции и расставьте коэффициенты в общей реакции. Определите $f_{экв}$ 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.

3. Можно ли использовать индикатор 2-нитрофенол ($pT=4$) при титровании $0,05\text{ M}$ раствора NH_4OH $0,05\text{ M}$ раствором HCl , чтобы погрешность титрования не превышала $\pm 0,2\%$?

4. Во сколько раз растворимость BaSO_4 в дистиллированной воде больше, чем в промывной жидкости, приготовленной смешиванием 200 мл воды и 2 мл 1 M раствора H_2SO_4 ?

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.

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

Курсовая работа связана с выполнением итоговой практической работы, посвящённой анализу реального объекта и направлена на формирование компетенций: РООПК 1.3, РООПК 2.2, РООПК 2.3, РООПК 3.2, РОПК 1.2 РОПК 2.1, РОПК 7.1.

Каждый студент получает/выбирает реальный объект (сплавы, минералы, почва, воды, пищевые продукты, фармацевтические препараты). При выполнении работы осуществляется деятельность, называемая методологической (упорядоченная в целостную систему с четко определенными характеристиками, логической структурой и процессом ее осуществления). Она включает в себя следующие операции: постановка цели, изучение литературы, формулировка задач исследования, выдвижение гипотез, моделирование ситуации (составление уравнений и проведение расчетов по ним), планирование экспериментальной работы, оценки полученных результатов с применением метода математической статистики и их обсуждение. Со многими из перечисленных стадий второкурсник встречается впервые (пробоотбор и пробоподготовка, выбор метода и методики, составление схемы анализа, оценка полученного результата).

Курсовая работа представляется в виде отчёта и доклада с презентацией, оценивается в форме зачёта.

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

Тестовые задания

- Для растворения $1,16\text{ г}$ иодида свинца PbI_2 потребовалось 2 л воды. Произведение растворимости данной соли равно (РООПК 1.1, РООПК 3.2):
А) $4 \cdot 10^{-11}$;
Б) $8 \cdot 10^{-9}$;
В) $4 \cdot 10^{-6}$;
Г) $5 \cdot 10^{-10}$.
- Приготовили $0,02\text{ M}$ раствор KMnO_4 . Какую молярную концентрацию эквивалента будет иметь этот раствор в приведенной реакции (РООПК 1.1, РООПК 3.2):
$$5\text{Fe}^{2+} + \text{MnO}_4^- + 8\text{H}^+ = 5\text{Fe}^{3+} + \text{Mn}^{2+} + 4\text{H}_2\text{O}$$

- А) 0,02;
Б) 0,1;
В) 0,2;
Г) 1,0?
3. Какой объем KMnO_4 с $c(1/5 \text{ KMnO}_4) = 0,25$ моль/л потребуется для окисления в кислой среде 50 мл 0,2 М NaNO_2 по реакции (РООПК 1.1, РООПК 3.2):
$$\text{NaNO}_2 + \text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{NaNO}_3 + \text{MnSO}_4 + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$$

А) 40 мл;
Б) 80 мл;
В) 120 мл;
Г) 29 мл?
4. Какие соединения можно количественно определять методом кислотно-основного титрования (РООПК 1.2):
А) натрия сульфид;
Б) натрия йодид;
В) калия хлорид;
Г) натрия гидрокарбонат?
5. В 1 л раствора содержится 0,001 моль CH_3COOH и 0,01 моль HCl . Величина pH данного раствора (РООПК 1.1, РООПК 3.2):
А) 3;
Б) 7;
В) 2;
Г) 5.
6. На устойчивость комплексного соединения $\text{Hg}(\text{NH}_3)_4^{2+}$ влияет (РООПК 2.2):
А) pH;
Б) концентрация Hg^{2+} ;
В) концентрация NH_3 ;
Г) все перечисленные факторы.
7. Смесь Na_2CO_3 и NaOH титруют HCl с индикатором фенолфталеином. Что при этом оттитровывают (РООПК 2.2):
А) NaOH ;
Б) Na_2CO_3 до H_2CO_3 ;
В) NaOH и до H_2CO_3 ;
Г) NaOH и Na_2CO_3 до NaHCO_3 .
Д) нет верного ответа.
8. Как определяют количество электричества в кулонометрическом титровании (РООПК 1.1)
А) определяют произведение силы тока на время электрогенерации титранта до точки эквивалентности;
Б) определяют силу тока в ходе титрования;
В) определяют время к моменту скачка потенциала;
Г) определяют разность потенциалов в ходе электролиза;
Д) нет верного ответа.
9. Какая соль находилась в пробирке, если с NaOH образуется белый осадок, растворимый в избытке NaOH , с $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ – белый осадок, а с BaCl_2 – белый осадок, нерастворимый в кислотах и щелочах (РООПК 1.3):
А) Na_3PO_4 ;
Б) ZnSO_4 ;
В) AgNO_3 ?

10. Определите значение рН раствора, содержащего 0,300 моль фосфорной кислоты и 0,200 моль дигидрофосфата натрия в 1,0 л ($K_{a1}(H_3PO_4) = 7,08 \cdot 10^{-3}$, $K_{a2}(H_3PO_4) = 6,17 \cdot 10^{-8}$, $K_{a3}(H_3PO_4) = 4,68 \cdot 10^{-13}$) (РООПК 1.3):
 А) 1,97;
 Б) 7,03;
 В) 7,39;
 Г) 2,33.
11. Величина рН в точке эквивалентности меньше 7 при титровании (РООПК 1.3):
 А) сильной кислоты сильным основанием;
 Б) слабого основания сильной кислотой;
 В) сильного основания сильной кислотой;
 Г) слабой кислоты сильным основанием.
12. Растворимость в воде (моль/л) какого из перечисленных ниже сульфидов будет максимальна (РООПК 1.1, РООПК 3.2):
 А) HgS ($K_S^o = 1,4 \cdot 10^{-45}$);
 Б) Ag_2S ($K_S^o = 7,2 \cdot 10^{-50}$);
 В) Sb_2S_3 ($K_S^o = 2,2 \cdot 10^{-90}$);
 Г) Bi_2S_3 ($K_S^o = 8,9 \cdot 10^{-105}$)?
13. Какая полуреакция соответствует процессу перманганатометрического определения в нейтральной или слабощелочной среде (РООПК 1.3):
 А) $MnO_4^- + 8H^+ + 5e^- = Mn^{2+} + 4H_2O$;
 Б) $MnO_4^- + 4H^+ + 3e^- = MnO_2 \downarrow + 2H_2O$;
 В) $MnO_4^- + 2H_2O + 3e^- = MnO_2 \downarrow + 4OH^-$;
 Г) $MnO_4^- + e^- = MnO_4^{2-}$?
14. Раствор H_2SO_4 приготовили разбавлением 8,5 мл концентрированного раствора серной кислоты с плотностью $\rho=1,640$ г/мл ($C(H_2SO_4) = 12,13$ М) до 500 мл водой. Какова молярная концентрация полученного раствора (РООПК 1.1, РООПК 3.2):
 А) 0,1031 М;
 Б) 0,21 М;
 В) 0,2062 М;
 Г) 0,206 М?
15. Молярная масса эквивалента фосфорной кислоты при титровании ее стандартным раствором NaOH с индикатором фенолфталеином (рТ = 9) (РООПК 2.2):
 А) $\frac{M(H_3PO_4)}{3}$;
 Б) $M(H_3PO_4)$;
 В) $\frac{M(H_3PO_4)}{2}$;
 Г) $2M(H_3PO_4)$.

Информация о разработчиках

Скворцова Лидия Николаевна, канд. хим. наук, доцент, кафедра аналитической химии, доцент

Шелковников Владимир Витальевич, канд. хим. наук, доцент, кафедра аналитической химии, доцент