


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

Химический факультет

УТВЕРЖДАЮ:
И.о. декана ХФ

_____ А.С. Князев
« 07 » _____ 20 22 г.

Фонд оценочных средств

Общепрофессионального модуля «Аналитическая химия»

по направлению подготовки

04.03.01 Химия



Направленность (профиль) подготовки:
«Химия»

Форма обучения
Очная

Квалификация
Бакалавр

Год приема
2021

Код дисциплины в учебном плане: Б1.О.15

СОГЛАСОВАНО:
Руководитель ОП
 В.В. Шелковников
Председатель УМК
 Л.Н. Мишенина

Томск – 2022

1 Паспорт фонда оценочных средств

| | |
|--------------------------------|--|
| Направление подготовки | 04.03.01 Химия |
| Дисциплина | Общепрофессиональный модуль «Аналитическая химия» |
| Семестр обучения | 3, 4 |
| Общий объем дисциплины, ЗЕ | 20 |
| Формы текущего контроля | Устный опрос/сдача модуля/отчет по лабораторной работе/индивидуальное задание/реферат/ доклад по теме реферата/ тестирование |
| Форма промежуточной аттестации | зачет/курсовой проект/экзамен |

Оценивание результатов учебной деятельности обучающихся при изучении дисциплины осуществляется по балльно-рейтинговой системе/текущий контроль и промежуточная аттестация

2 Перечень формируемых компетенций и уровни их освоения

Изучение дисциплины Обще­про­фес­си­о­наль­но­го модуля «Аналитическая химия» направлено на формирование следующих компетенций:

| Коды и содержание компетенций по СУОС | Индикаторы достижения компетенций согласно ООП | Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине | |
|---|--|---|--|
| ОПК-1. Способен анализировать и интерпретировать результаты химических экспериментов, наблюдений и измерений. | ИОПК 1.1. Систематизирует и анализирует результаты химических экспериментов, наблюдений, измерений, а также результаты расчетов свойств веществ и материалов. ИОПК 1.2. Предлагает интерпретацию результатов собственных экспериментов и расчетно-теоретических работ с использованием теоретических основ традиционных и новых разделов химии. | <i>Допороговый уровень</i> | Не способен анализировать и интерпретировать результаты химических экспериментов, наблюдений и измерений. |
| | | <i>Пороговый уровень</i> | Способен систематизировать и анализировать результаты химических экспериментов, наблюдений, измерений, но затрудняется интерпретировать результаты собственных экспериментов, расчетно-теоретических работ и делать выводы. |
| | | <i>Достаточный уровень</i> | Систематизирует и анализирует результаты химических экспериментов, наблюдений, измерений, интерпретирует результаты с использованием теоретических основ традиционных и новых разделов химии, но затрудняется самостоятельно |

| | | | |
|--|---|----------------------------|--|
| | ИОПК 1.3. Формулирует заключения и выводы по результатам анализа литературных данных, собственных экспериментальных и расчетно-теоретических работ химической направленности. | | формулировать выводы и заключения. |
| | | <i>Продвинутый уровень</i> | Систематизирует и анализирует результаты химических экспериментов, наблюдений, измерений, интерпретирует результаты с использованием теоретических основ традиционных и новых разделов химии, способен самостоятельно формулировать выводы и заключения. |
| ОПК-2. Способен проводить с соблюдением норм техники безопасности химический эксперимент, включая синтез, анализ, изучение структуры и свойств веществ и материалов, исследование процессов с их участием. | ИОПК 2.1. Работает с химическими веществами с соблюдением норм техники безопасности. ИОПК 2.3. Проводит стандартные операции для определения химического и фазового состава веществ и материалов на их основе. ИОПК 2.4. Проводит исследования свойств веществ и материалов с использованием серийного научного оборудования. | <i>Допороговый уровень</i> | Не способен проводить с соблюдением норм техники безопасности химический эксперимент, анализ. |
| | | <i>Пороговый уровень</i> | Работает с химическими веществами в основном с соблюдением норм техники безопасности, часто затрудняется проводить стандартные операции для определения химического состава вещества с использованием серийного научного оборудования. |
| | | <i>Достаточный уровень</i> | Работает с химическими веществами с соблюдением норм техники безопасности, проводит стандартные операции для определения химического состава вещества, иногда затрудняется использовать серийное научное оборудование. |
| | | <i>Продвинутый уровень</i> | Способен проводить химический эксперимент с соблюдением норм техники безопасности, правильно осуществлять стандартные операции для определения химического состава веществ, в том числе с использованием серийного научного оборудования. |

| | | | |
|---|--|-----------------------------------|---|
| <p>ОПК-4. Способен планировать работы химической направленности, обрабатывать и интерпретировать полученные результаты с использованием теоретических знаний и практических навыков решения математических и физических задач. техники.</p> | <p>ИОПК 4.1. Использует базовые знания в области математики и физики при планировании работ химической направленности. ИОПК 4.2. Обрабатывает данные с использованием стандартных способов аппроксимации численных характеристик. ИОПК 4.3. Интерпретирует результаты химических наблюдений с использованием физических законов и представлений.</p> | <p><i>Допороговый уровень</i></p> | <p>Не способен планировать работы химической направленности, обрабатывать и интерпретировать полученные результаты.</p> |
| | | <p><i>Пороговый уровень</i></p> | <p>Способен планировать работы химической направленности после консультации с преподавателем, затрудняется самостоятельно обрабатывать и интерпретировать полученные результаты.</p> |
| | | <p><i>Достаточный уровень</i></p> | <p>Использует базовые знания в области математики и физики при планировании работ химической направленности, обработке полученных данных, но делает ошибки в интерпретации результатов химических наблюдений.</p> |
| | | <p><i>Продвинутый уровень</i></p> | <p>Использует базовые знания в области математики и физики при планировании работ химической направленности, обработке полученных данных, интерпретации результатов химических наблюдений.</p> |
| <p>ПК-1. Способен выбирать и использовать технические средства и методы испытаний для решения исследовательских задач химической направленности, поставленных специалистом более высокой квалификации.</p> | <p>ИПК 1.4. Готовит объекты исследования.</p> | <p><i>Допороговый уровень</i></p> | <p>Не способен выбирать и использовать технические средства и методы испытаний для решения исследовательских задач химической направленности.</p> |
| | | <p><i>Пороговый уровень</i></p> | <p>Затрудняется самостоятельно выбирать и использовать технические средства и методы испытаний для решения исследовательских задач химической направленности.</p> |
| | | <p><i>Достаточный уровень</i></p> | <p>Допускает иногда ошибки при выборе и использовании технических средств и методов</p> |

| | | | |
|---|--|----------------------------|---|
| | | | испытаний для решения исследовательских задач химической направленности. |
| | | <i>Продвинутый уровень</i> | Успешно выбирает и использует технические средства и методы испытаний для решения исследовательских задач химической направленности, поставленных специалистом более высокой квалификации.. |
| ПК-2. Способен оказывать информационную поддержку специалистам, осуществляющим научно-исследовательские работы. | ИПК 2.1. Проводит первичный поиск информации по заданной тематике (в т.ч., с использованием патентных баз данных). ИПК 2.2. Составляет обзор литературных источников по заданной теме, оформляет отчеты о выполненной работе по заданной форме. | <i>Допороговый уровень</i> | Не способен оказывать информационную поддержку специалистам, осуществляющим научно-исследовательские работы. |
| | | <i>Пороговый уровень</i> | Проводит первичный поиск информации по заданной тематике. |
| | | <i>Достаточный уровень</i> | Проводит первичный поиск информации по заданной тематике и составляет обзор литературных источников. |
| | | <i>Продвинутый уровень</i> | Проводит первичный поиск информации по заданной тематике (в т.ч., с использованием патентных баз данных), составляет обзор литературных источников и оформляет отчеты о выполненной работе по заданной форме. |

Уровни и шкала оценивания сформированности компетенций

| | |
|---------------------|---|
| Допороговый уровень | Соответствует оценке «неудовлетворительно», предполагает несформированность компетенций на достаточном уровне. Студент имеет пробелы по отдельным теоретическим разделам и не владеет основными умениями и навыками. |
| Пороговый уровень | Соответствует оценке «удовлетворительно», предполагает сформированность компетенций на достаточном уровне. Студент имеет недостаточно глубокие знания по отдельным теоретическим разделам, показал не все основные умения и навыки. |
| Достаточный уровень | Соответствует оценке «хорошо», предполагает сформированность компетенций на достаточно хорошем уровне. Студент изучил все |

| | |
|---------------------|--|
| | теоретические вопросы, показал основные умения и навыки. |
| Продвинутый уровень | Соответствует оценке «отлично», предполагает сформированность компетенций на высоком уровне. Студент показал творческое отношение к обучению, в совершенстве овладел всеми теоретическими вопросами дисциплины, показал все требуемые умения и навыки. |

2 Этапы формирования компетенций и оценочные средства (текущая аттестация)

2.1 Виды оценочных средств

| № | Контролируемые темы/разделы | Наименование оценочного средства для текущего контроля | Код индикатора достижения компетенции согласно ОПП |
|----|--|---|--|
| 1 | Тема 1. Введение. Общее представление о химическом анализе. | Устный опрос/ сдача модуля | ИОПК 1.3. |
| 2 | Тема 2. Пробоотбор и пробоподготовка. | Устный опрос/ сдача модуля | ИОПК 1.3. |
| 3 | Тема 3. Основные закономерности протекания химических реакций. | Устный опрос/ сдача модуля/ тестирование | ИОПК 1.3. |
| 4 | Тема 4. Кислотно-основные реакции. | Индивидуальное задание/ устный опрос/ решение расчётных задач/ сдача модуля/ тестирование | ИОПК-1.2 ИОПК 4.1. |
| 5 | Тема 5. Методы обнаружения и идентификации. | Устный опрос/ отчет по лабораторной работе/ сдача модуля | ИОПК 2.1. ИОПК 2.3. |
| 6 | Тема 6. Реакции комплексообразования. | Индивидуальное задание/ устный опрос/ решение расчётных задач/ сдача модуля/ тестирование | ИОПК 1.2. ИОПК 4.1. |
| 7 | Тема 7. Окислительно-восстановительные реакции. | Индивидуальное задание/ устный опрос/ решение расчётных задач/ сдача модуля/ тестирование | ИОПК 1.2. ИОПК 4.1. |
| 8 | Тема 8. Процессы осаждения и соосаждения. | Устный опрос/ сдача модуля | ИОПК 1.3. |
| 9 | Тема 9. Экстракционные и сорбционные методы разделения и концентрирования. | Устный опрос/ сдача модуля | ИОПК 1.3. ИОПК 2.1. |
| 10 | Тема 10. Задачи и методы количественного анализа. | Устный опрос/ сдача модуля | ИОПК 1.3. |
| 11 | Тема 11. Гравиметрический метод анализа. | Индивидуальное задание/ устный опрос/ решение расчётных задач/ реферат/ доклад по теме реферата/ отчет по лабораторной | ИОПК 1.1. ИОПК 2.3. |

| | | | |
|----|---|---|--|
| | | работе/ сдача модуля/ тестирование | |
| 12 | Тема 12. Принцип титриметрического метода. | Устный опрос/ сдача модуля | ИОПК 1.3. |
| 13 | Тема 13. Кислотно-основное титрование. | Индивидуальное задание/ устный опрос/ решение расчётных задач/ реферат/ доклад по теме реферата/ отчет по лабораторной работе/ сдача модуля/ тестирование | ИОПК 1.1. ИОПК 1.3. ИОПК 2.1. ИОПК 2.3. ИОПК 4.2. |
| 14 | Тема 14. Окислительно-восстановительное титрование (редоксиметрия). | Индивидуальное задание/ устный опрос/ решение расчётных задач/ реферат/ доклад по теме реферата/ отчет по лабораторной работе/ сдача модуля/ тестирование | ИОПК 1.1. ИОПК 1.3. ИОПК 2.1. ИОПК 2.3. ИОПК 4.2. |
| 15 | Тема 15. Комплексометрия. | Индивидуальное задание/ устный опрос/ решение расчётных задач/ реферат/ отчет по лабораторной работе/ сдача модуля/ тестирование | ИОПК 1.2. ИПК 1.4. |
| 16 | Тема 16. Кинетические и биохимические методы анализа. | Сдача модуля | ИОПК 1.3. |
| 17 | Тема 17. Физико-химические методы анализа. | Устный опрос/ отчет по лабораторной работе/ коллоквиум | ИОПК 1.2. ИОПК 2.4. ИОПК 4.2. ИОПК 4.3. ИПК 2.1. ИПК 2.2. |

2.2 Содержание оценочных средств

1) Примеры вопросов для устного опроса

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 ₂ O ₃ | Ag ₃ AsO ₄ |
| FeSO ₄ | Fe ₂ O ₃ |
| K ₂ O | KB(C ₆ H ₅) ₄ |
| SiO ₂ | KAlSi ₃ O ₈ |

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

1. Для чего при титровании Fe(II) раствором K₂Cr₂O₇ в присутствии индикатора дифениламина добавляют H₃PO₄? Нужно ли добавлять H₃PO₄ 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 K₂Cr₂O₇ 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)

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):

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. Σ R 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:

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 | K_a (K_b) | c_0 , моль/л | V_0 , мл | $c(\text{HCl/NaOH})$, моль/л |
|----|--|---|----------------|------------|-------------------------------|
| 1 | CH ₃ CH(OH)COOH (молочная) | $K_a = 1,5 \cdot 10^{-4}$ | 0,05 | 20 | 0,025 |
| 2 | NaCN | $K_a = 6,2 \cdot 10^{-10}$ | 0,025 | 50 | 0,05 |
| 3 | C ₆ H ₅ COOH (бензойная) | $K_a = 6,3 \cdot 10^{-5}$ | 0,1 | 25 | 0,05 |
| 4 | Na ₃ PO ₄ | $K_{a1} = 7,1 \cdot 10^{-3}$ | 0,02 | 20 | 0,02 |
| 5 | H ₃ PO ₄ | $K_{a2} = 6,2 \cdot 10^{-8}$ $K_{a3} = 5 \cdot 10^{-13}$ | 0,05 | 100 | 0,1 |
| 6 | H ₂ CO ₃ | $K_{a1} = 4,5 \cdot 10^{-7}$ $K_{a2} = 4,8 \cdot 10^{-11}$ | 0,1 | 50 | 0,025 |
| 7 | H ₃ AsO ₄ | $K_{a1} = 5,7 \cdot 10^{-3}$ $K_{a2} = 1,1 \cdot 10^{-7}$ $K_{a3} = 3,2 \cdot 10^{-12}$ | 0,025 | 20 | 0,05 |
| 8 | (CH ₃) ₂ NH + H ₂ O (диметиламин) | $K_b = 5,4 \cdot 10^{-4}$ | 0,01 | 100 | 0,02 |
| 9 | HNO ₂ | $K_a = 6,9 \cdot 10^{-4}$ | 0,05 | 50 | 0,025 |
| 10 | HOH ₂ + H ₂ O (гидроксиламин) | $K_b = 9,1 \cdot 10^{-9}$ | 0,1 | 25 | 0,05 |
| 11 | H ₃ BO ₃ | $K_{a1} = 7,1 \cdot 10^{-10}$ $K_{a2} = 1,8 \cdot 10^{-13}$ $K_{a3} = 1,6 \cdot 10^{-14}$ | 0,02 | 50 | 0,04 |
| 12 | (C ₂ H ₅) ₃ N + H ₂ O (триэтиламин) | $K_b = 5,1 \cdot 10^{-4}$ | 0,05 | 20 | 0,02 |
| 13 | H ₂ S | $K_{a1} = 9,5 \cdot 10^{-8}$ | 0,025 | 25 | 0,025 |
| 14 | Na ₂ S | $K_{a2} = 1,3 \cdot 10^{-14}$ | 0,04 | 10 | 0,02 |

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)

- Сравните pH 0,1 М водных растворов NH₄OH ($K_b = 1,76 \cdot 10^{-5}$; $pK_b = 4,76$) и NaOH. Объясните их различие.
- Бензойную кислоту HC₇H₅O₂ 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 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 N_2H_5OH . 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 $H_2C_2O_4$ раствором $Ce(SO_4)_2$ при $pH=1$, если степень оттитрованности f: 0,25; 1,0; 1,1 ($E^\circ(CO_2/H_2C_2O_4) = -0,49$ В, $E^\circ(Ce(SO_4)_3^{2-}/Ce^{3+}) = 1,44$ В); 2) величину скачка (ΔE) на кривой титрования, чтобы погрешность титрования не превышала $\pm 0,2$ %; 3) индикаторную погрешность титрования в присутствии индикатора с $E^\circ_{ind} = 0,5$ 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 ($pK_{SH}=33$), безводной серной кислоты ($pK_{SH}=4$), этанола ($pK_{SH}=19$). 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 ($C_5H_5NH^+$) 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 $(CH_3)_3N$ $pK_b=4,09$.

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 (метиловый оранжевый, метиловый 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 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.
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 ($E_{ind}^0 = 1,06\text{В}$).
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:

1. Влияние ионной силы раствора нужно учитывать при расчете равновесий в водном растворе...
 - а) 0,1 М КОН
 - б) 0,5 М NH_4OH
 - в) 0,001 М LiOH
 - г) 0,1 М $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH}$
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 NH_4OH

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) Y ³⁻ ; |
| б) pH 7-9; | б) Y ⁴⁻ ; |
| в) pH 4-5; | в) H ₄ Y; |
| г) pH 10-12; | г) H ₂ Y ²⁻ . |

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

2.3 Методические рекомендации

2.3.1 Порядок проведения текущего контроля

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».

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 |

2.3.2 Критерии оценивания по видам оценочных средств

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.

3 Порядок проведения и критерии оценивания промежуточной аттестации

Порядок проведения экзамена

Экзамен проводится в третьем и четвертом семестрах.

Текущий контроль влияет на промежуточную аттестацию. Студенты, набравшие от общего числа баллов (2000 баллов) за текущий контроль (1360 баллов) не менее 90% (1224 балла) и не менее 80% баллов за тестирование, получают 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 ИОПК-1.3. Расчётные задания направлены на проверку компетенций ИОПК-4.1 и ИОПК 4.2. Ответы предполагают решение задач и краткую интерпретацию полученных результатов.

3.1 Примеры экзаменационных билетов

Пример образца экзаменационного билета (3 семестр)

1. Напишите уравнение реакции, которое описывается константой равновесия: $K_p = \frac{[\text{NH}_3] \cdot [\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{NH}_4^+] \cdot [\text{H}_2\text{O}]}$. Что характеризует эта константа? Как называется и от каких факторов зависит? Напишите более строгое термодинамическое выражение K_p для данного процесса.
2. Дайте определение и приведите примеры стандартного, реального и формального потенциалов. Расположите указанные соединения в порядке увеличения окислительной способности: KMnO_4 (pH=1); KMnO_4 (pH=4); FeCl_3 ; I_2 .
3. Поясните, как кислотно-основное взаимодействие катиона и аниона малорастворимого электролита с растворителем влияет на его растворимость в воде. Подтвердите расчетом на примере CuS .
4. Из навески соли слабого основания и сильной кислоты массой 6,7500 г ($M = 67,5$ г/моль) и 1,5000 г NaOH приготовили 500,00 мл раствора. Когда измерили значение pH, то оно оказалось равным 7,75. Определите pK_b слабого основания.
5. Имеется 0,7 М раствор ZnCl_2 . Рассчитайте, сколько граммов NaOH необходимо добавить к 100,00 мл этого раствора, чтобы понизить концентрацию в нем Zn^{2+} до 10^{-13} моль/л. $\beta(\text{Zn}(\text{OH})_4^{2-}) = 4,5 \cdot 10^{14}$.
6. Какие изменения произойдут с раствором, содержащим ионы Pb^{2+} , Ag^+ , Zn^{2+} , NH_4^+ , после добавления к нему: а) избытка NaOH ; б) избытка NH_3 ; раствора $\text{CH}_3\text{COONH}_4$? Напишите уравнения протекающих реакций.

Пример образца экзаменационного билета (4 семестр)

1. Почему комплексометрическое 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 комплексометрического титрования? Ответ обоснуйте и проиллюстрируйте графическим рисунком.
2. Дана окислительно-восстановительная реакция: $\text{NO}_3^- + \text{J}^- + \text{H}^+ \Leftrightarrow \text{NO} + \text{J}_2 + \text{H}_2\text{O}$. 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.

3. 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 $\pm 0,2\%$?

4. 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 ?

Оценочные материалы для промежуточной аттестации в полном объеме содержатся в архивных материалах кафедры аналитической химии

3.3. Критерии оценивания

Результаты дисциплины определяются оценками «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Итоговая оценка учитывает результаты экзамена (в баллах) и рейтинга за текущий контроль в семестре: суммарный рейтинг курса – 2000 баллов.

Соответствие баллов экзаменационной оценке приводится в таблице.

Таблица. Итоговая шкала оценивания

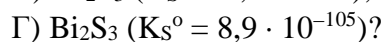
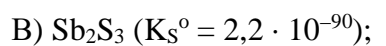
| Количество баллов | Оценка | Вывод о сформированных компетенциях |
|-------------------|---------------------|---------------------------------------|
| 1800–2000 | Отлично | Компетенции сформированы полностью |
| 1500–1799 | Хорошо | Компетенции сформированы частично |
| 1200–1499 | Удовлетворительно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

4 Оценочные средства для контроля остаточных знаний

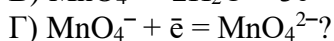
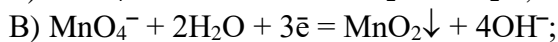
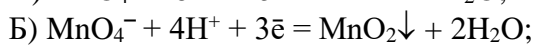
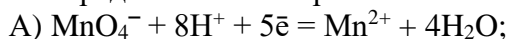
Тестовые задания

- Для растворения 1,16 г иодида свинца PbI_2 потребовалось 2 л воды. Произведение растворимости данной соли равно:
А) $4 \cdot 10^{-11}$;
Б) $8 \cdot 10^{-9}$;
В) $4 \cdot 10^{-6}$;
Г) $5 \cdot 10^{-10}$.
- Приготовили 0,02 М раствор $KMnO_4$. Какую молярную концентрацию эквивалента будет иметь этот раствор в приведенной реакции:
 $5Fe^{2+} + MnO_4^- + 8H^+ = 5Fe^{3+} + Mn^{2+} + 4H_2O$
А) 0,02;
Б) 0,1;
В) 0,2;
Г) 1,0?
- Какой объем $KMnO_4$ с $c(1/5 KMnO_4) = 0,25$ моль/л потребуется для окисления в кислой среде 50 мл 0,2 М $NaNO_2$ по реакции:
 $NaNO_2 + KMnO_4 + H_2SO_4 \rightarrow NaNO_3 + MnSO_4 + K_2SO_4 + H_2O$
А) 40 мл;
Б) 80 мл;
В) 120 мл;
Г) 29 мл?
- Какие соединения можно количественно определять методом кислотно-основного титрования:

- 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:
 А) 3;
 Б) 7;
 В) 2;
 Г) 5.
6. На устойчивость комплексного соединения $\text{Hg}(\text{NH}_3)_4^{2+}$ влияет:
 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:
 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
 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:
 А) Na_3PO_4 ;
 Б) ZnSO_4 ;
 В) AgNO_3 ?
10. Определите значение pH раствора, содержащего 0,300 моль фосфорной кислоты и 0,200 моль дигидрофосфата натрия в 1,0 л ($K_{a1}(\text{H}_3\text{PO}_4) = 7,08 \cdot 10^{-3}$, $K_{a2}(\text{H}_3\text{PO}_4) = 6,17 \cdot 10^{-8}$, $K_{a3}(\text{H}_3\text{PO}_4) = 4,68 \cdot 10^{-13}$).
 А) 1,97;
 Б) 7,03;
 В) 7,39;
 Г) 2,33.
11. Величина pH 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.
12. Растворимость в воде (моль/л) какого из перечисленных ниже сульфидов будет максимальна:
 А) HgS ($K_s^0 = 1,4 \cdot 10^{-45}$);
 Б) Ag_2S ($K_s^0 = 7,2 \cdot 10^{-50}$);

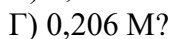
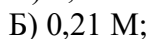
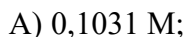


13. Какая полуреакция соответствует процессу перманганатометрического определения в нейтральной или слабощелочной среде:



14. Раствор H_2SO_4 приготовили разбавлением 8,5 мл концентрированного раствора серной кислоты с плотностью $\rho = 1,640$ г/мл ($C(\text{H}_2\text{SO}_4) = 12,13$ М) до 500 мл водой.

Какова молярная концентрация полученного раствора:



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

