

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет
им. Н.И. Лобачевского»**

Химический факультет

УТВЕРЖДЕНО
решением Ученого совета ННГУ
протокол № 13 от 30.11.2022 г.

Рабочая программа дисциплины

Аналитическая химия

Уровень высшего образования
Специалитет

Направление подготовки / специальность
04.05.01 - Фундаментальная и прикладная химия

Направленность образовательной программы
Неорганическая химия

Форма обучения
очная

г. Нижний Новгород

2023 год начала подготовки

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.О.03.02 Аналитическая химия относится к обязательной части образовательной программы.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства	
	Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине	Для текущего контроля успеваемости	Для промежуточной аттестации
ОПК-1: Способен анализировать, интерпретировать и обобщать результаты экспериментальных и расчетно-теоретических работ химической направленности	ОПК-1.1: Систематизирует и анализирует результаты химических экспериментов, наблюдений, измерений, а также результаты расчетов свойств веществ и материалов ОПК-1.2: Предлагает интерпретацию результатов собственных экспериментов и расчетно-теоретических работ с использованием теоретических основ традиционных и новых разделов химии ОПК-1.3: Формулирует заключения и выводы по результатам анализа литературных данных, собственных экспериментальных и расчетно-теоретических работ химической направленности	ОПК-1.1: Знать способы расчета содержания аналита в объекте по результатам эксперимента. Уметь вычислять концентрацию и массу определяемого компонента по величине аналитического сигнала. Владеть прямыми и косвенными методами определения содержания аналита по экспериментально определенному значению аналитического сигнала. ОПК-1.2: Знать виды погрешностей, возникающих в процессе проведения анализа химическими и инструментальными методами. Уметь подтверждать правильность получаемых результатов анализа, выявлять грубые погрешности, вычислять случайные погрешности и сопоставлять их теоретическими возможностями методов Владеть способами расчета случайных и систематических погрешностей и	Контрольная работа Опрос	Экзамен: Контрольные вопросы Задачи

		<p>представления результатов анализа.</p> <p>ОПК-1.3: Знать важнейшие характеристики используемых аналитических методов, позволяющие сделать заключение о корректности и достоверности полученных результатов анализа. Уметь сравнивать результаты эксперимента с собственными результатами, полученными ранее при решении аналогичных задач и/или с результатами, описанными в литературе. Владеть навыками критической оценки получаемых результатов при формулировании заключения и выводов.</p>		
<p>ОПК-2: Способен проводить химический эксперимент с использованием современного оборудования, соблюдая нормы техники безопасности</p>	<p>ОПК-2.1: Работает с химическими веществами с соблюдением норм техники безопасности ОПК-2.2: Использует существующие и разрабатывает новые методики получения и характеристики веществ и материалов для решения задач профессиональной деятельности ОПК-2.3: Проводит исследования свойств веществ и материалов с использованием современного научного оборудования</p>	<p>ОПК-2.1: Знать физико-химические свойства и технику безопасности химических веществ, применяемых в анализе. Уметь работать с химическими веществами, используемыми в химическом анализе, соблюдая технику безопасности. Владеть навыками работы с аппаратурой и оборудованием, используемом в химическом анализе, соблюдая технику безопасности.</p> <p>ОПК-2.2: Знать алгоритм проведения стандартных операций для определения химического состава анализируемой пробы. Уметь осуществлять стандартные операции при проведении химического анализа. Владеть навыками проведения стандартных операций,</p>	Опрос	<p>Экзамен: Контрольные вопросы</p>

		<p>используемых при определении химического состава анализируемой пробы.</p> <p>ОПК-2.3: Знать алгоритм работы на основных широко используемых современных аналитических приборах. Уметь осуществлять базовые операции на современном аналитическом оборудовании при проведении исследования. Владеть навыками работы на современном оборудовании для решения технологических, экологических и научно-исследовательских задач.</p>		
<p>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</p>	<p>ОПК-3.1: Применяет теоретические и полуэмпирические модели при решении задач химической направленности ОПК-3.2: Использует стандартное программное обеспечение и специализированные базы данных при решении задач профессиональной деятельности</p>	<p>ОПК-3.1: Знать современные теоретические и полуэмпирические модели решения аналитических задач. Уметь применять математические модели для обработки результатов изучения химического состава анализируемой пробы. Владеть навыками построения теоретических и полуэмпирических моделей при решении задач аналитической химии.</p> <p>ОПК-3.2: Знать основные приемы обработки результатов химического анализа с помощью современного программного обеспечения. Уметь получать и обрабатывать результаты химического анализа с помощью современного программного обеспечения. Владеть навыками работы с программным обеспечением современных аналитических приборов.</p>	<p>Контрольная работа Опрос</p>	<p>Экзамен: Контрольные вопросы Задачи</p>

<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</p>	<p>ОПК-4.1: Использует базовые знания в области математики и физики при планировании работ химической направленности</p> <p>ОПК-4.2: Обрабатывает данные с использованием стандартных способов аппроксимации численных характеристик</p> <p>ОПК-4.3: Интерпретирует результаты химических наблюдений с использованием физических законов и представлений</p>	<p>ОПК-4.1:</p> <p>Знать основные законы физики и химии, необходимые для корректной постановки и проведения эксперимента по изучению состава объектов различного происхождения с помощью инструментальных методов.</p> <p>Уметь выбирать метод анализа для получения необходимой информации о качественном и количественном составе анализируемых объектов.</p> <p>Владеть методами анализа веществ с использованием современного аналитического оборудования в рамках классических и инструментальных методов анализа.</p> <p>ОПК-4.2:</p> <p>Знать фундаментальные основы математики и физики для решения аналитических задач.</p> <p>Уметь анализировать качественные и количественные результаты анализа при помощи аппроксимации.</p> <p>Владеть навыками обработки данных с последующей интерпретацией полученных результатов.</p> <p>ОПК-4.3:</p> <p>Знать рамки применимости теоретических знаний и практических навыков для решения тех или иных исследовательских задач.</p> <p>Уметь применять знания в области физики, математики и химии для описания наблюдаемых явлений.</p> <p>Владеть физическими основами методов анализа для интерпретации полученных в результате химического эксперимента данных.</p>	<p>Коллоквиум</p> <p>Опрос</p>	<p>Экзамен:</p> <p>Контрольные вопросы</p>
---	--	--	--------------------------------	--

ОПК-6: Способен представлять результаты профессиональной деятельности в устной и письменной форме в соответствии с нормами и правилами, принятыми в профессиональном сообществе	ОПК-6.1: Представляет результаты работы в виде отчета по стандартной форме на русском языке ОПК-6.2: Представляет информацию химического содержания с учетом требований библиографической культуры	ОПК-6.1: Знать правила представления результатов химического анализа в стандартной форме. Уметь излагать и представлять результаты химического анализа в виде отчета по стандартной форме на русском языке. Владеть способами представления результатов химического анализа в стандартной форме. ОПК-6.2: Знать правила оформления результатов химического эксперимента с учетом требований библиографической культуры. Уметь использовать знания теории и практики современных методов анализа для получения библиографических сведений по заданной проблематике. Владеть способами изложения результатов химического анализа с учетом требований библиографической культуры.	Отчет по лабораторным работам	Экзамен: Контрольные вопросы

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная
Общая трудоемкость, з.е.	12
Часов по учебному плану	432
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	

- занятия лекционного типа	128
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	192
- КСР	4
самостоятельная работа	36
Промежуточная аттестация	72 экзамен

3.2. Содержание дисциплины

(структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий)

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины	Всего (часы)	в том числе			
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них			Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа (практические занятия/лабораторные работы), часы	Всего	
	о ф о	о ф о	о ф о	о ф о	о ф о
Введение	6	4		4	2
Ионные равновесия	50	22	24	46	4
Гетерогенные равновесия	48	18	26	44	4
Количественный анализ	66	20	42	62	4
Методология химического анализа	14	4	6	10	4
Спектральные методы анализа	48	18	26	44	4
Электрохимические методы анализа	66	20	42	62	4
Хроматографические методы анализа	48	18	26	44	4
Другие физические методы анализа	10	4		4	6
Аттестация	72				
КСР	4				4
Итого	432	128	192	324	36

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Для обеспечения самостоятельной работы обучающихся используются:

- электронный курс "Отбор и подготовка к анализу" (<https://e-learning.unn.ru/course/view.php?id=1221>).
- открытый онлайн-курс МООС "Газовая хроматография и хромато-масс-спектрометрия" (<https://mooc.unn.ru/course/view.php?id=67>).

5. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)

5.1 Типовые задания, необходимые для оценки результатов обучения при проведении текущего контроля успеваемости с указанием критериев их оценивания:

5.1.1 Типовые задания (оценочное средство - Контрольная работа) для оценки сформированности компетенции ОПК-1

Контрольная работа по теме: «Растворы»

№ 1. 5 мл 80 % серной кислоты плотностью 1.73 г/см^3 растворили в дистиллированной воде, охладили до комнатной температуры и довели до объема 250 мл.

Рассчитайте: а) массовую долю растворенного вещества в конечном растворе;

б) молярную концентрацию конечного раствора, полагая его плотность 1.0 г/см^3 ;

в) эквивалентную концентрацию, если этот раствор будут использовать в реакциях нейтрализации и кислота будет реагировать по двум (!) ступеням.

№ 2. Смешали 20 г 30 % (масс.) и 45 г 15 % (масс.) растворов соляной кислоты. Плотность полученного раствора составила 1.10 г/см^3 .

Рассчитайте: а) массовую долю вещества в полученном растворе;

б) титр полученного раствора;

в) молярную концентрацию кислоты в полученном растворе.

№ 3. К 300 мл раствора гидроксида калия с титром 0.015 г/мл добавили 250 мл 0.50 % раствора гидроксида калия и 350 мл воды. Рассчитайте молярную концентрацию гидроксида калия в растворе.

Плотности растворов и воды примите равными 1 г/мл . Изменение объема при смешении растворов не учитывайте.

Контрольная работа по теме: «Кислотно-основное титрование»

№ 1. Вычислить рН после оттитровывания соляной кислотой 0.01 моль/л раствора гидроксида натрия на 90%.

№ 2. В присутствии какого индикатора можно оттитровать 0.1 моль/л раствор CH_3COOH раствором гидроксида натрия с погрешностью не более 0.1% ? ($pT = 9.2$; $pT = 4.1$; $pT = 6.2$; $pT = 4.74$).

№ 3. Вычислить погрешность титрования 0.1 моль/л уксусной кислоты 0.1 моль/л раствором гидроксида натрия в присутствии фенолфталеина ($pT = 9$), $V_{\text{кон.}} = 40 \text{ мл}$.

№ 4. Каково % содержание карбоната в препарате гидроксида натрия, если при титровании раствора щелочи с фенолфталеином израсходовано 27.4 мл, а с метиловым оранжевым 28.6 мл раствора HCl ?

5.1.2 Типовые задания (оценочное средство - Контрольная работа) для оценки сформированности компетенции ОПК-3

Контрольная работа по теме: «Состояние вещества и ионные реакции в разбавленных растворах»

№ 1. Вычислить ионную силу раствора (I) и коэффициенты активности (γ) ионов в растворе, содержащем 0.1 моль/л NaCl и 0.02 моль/л ацетата натрия.

№ 2. Рассчитать мольную долю всех форм слабого электролита для следующих условий:
– электролит азотноватистая кислота ($\text{H}_2\text{N}_2\text{O}_2$)

- концентрация электролита 0.1 моль/л
- константы диссоциации $K_1 \sim 10^{-7}$, $K_2 \sim 10^{-11}$
- pH раствора 5 и 10

№ 3. Показать на рисунке общий вид диаграммы состояний указанного электролита.

Контрольная работа по теме: «Химическое равновесие в системе «водный раствор-труднорастворимый электролит»

№ 1. К 10 мл 0.03 моль/л раствора нитрата бария $Ba(NO_3)_2$ прилили 5 мл 0.15 моль/л раствора карбоната натрия Na_2CO_3 . Рассчитайте, какая масса Ba^{2+} останется в растворе после достижения равновесия. $PP(BaCO_3) = 5.1 \cdot 10^{-9}$.

№ 2. В каком из насыщенных растворов концентрация хромат-ионов CrO_4^{2-} больше:

1. раствор хромата серебра Ag_2CrO_4 ($PP = 1.1 \cdot 10^{-12}$);
2. раствор хромата бария $BaCrO_4$ ($PP = 1.2 \cdot 10^{-10}$);
3. раствор хромата свинца $PbCrO_4$ ($PP = 1.8 \cdot 10^{-14}$);
4. раствор хромата ртути (I) Hg_2CrO_4 ($PP = 5.0 \cdot 10^{-9}$)?

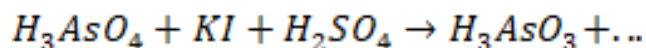
№ 3. Рассчитайте растворимость сульфата кальция $CaSO_4$ с учетом влияния ионной силы, создаваемой его ионами в растворе. $PP(CaSO_4) = 2.4 \cdot 10^{-5}$.

№ 4. Во сколько раз растворимость хлорида серебра $AgCl$ в 0.01 моль/л растворе аммиака NH_3 выше растворимости в воде, если логарифмы ступенчатых констант образования аммиачных комплексов серебра имеют следующие значения: $lgK_1 = 3.3$; $lgK_2 = 3.9$. $PP(AgCl) = 1.8 \cdot 10^{-10}$.

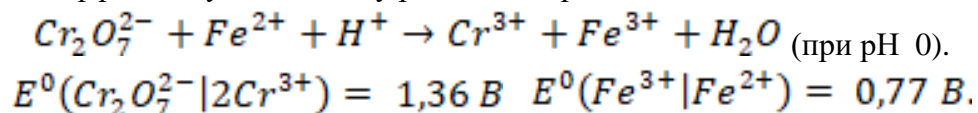
Контрольная работа по теме: «Окислительно-восстановительные реакции»

№ 1. Вычислить титр раствора оксалата натрия с молярной концентрацией эквивалента 0.125 моль/л (исходное вещество в перманганатометрии).

№ 2. Допишите уравнение реакции и подсчитайте сумму стехиометрических коэффициентов:



№ 3. Вычислить эффективную константу равновесия реакции:



№ 4. Сколько мл воды надо прибавить к 400 мл раствора оксалата натрия с молярной концентрацией эквивалента 0.325 моль/л, чтобы получить раствор с молярной концентрацией эквивалента 0.2 моль/л?

Контрольная работа по теме: «Кисотно-основное равновесие»

№ 1. Вычислить pH 0.0005 моль/л раствора гидроксида бария с учетом коэффициента активности, полагая диссоциацию по обеим ступеням равной 100%.

№ 2. Вычислите pH 0.1%-ного раствора уксуснокислого натрия. ($K_a = 1.8 \cdot 10^{-5}$).

№ 3. Чему будет равен pH раствора, если к 500 мл воды прибавить 1 г муравьиной кислоты ($\text{Ka} = 2 \cdot 10^{-4}$) и 1 г гидроксида калия?

№ 4. Вычислить pH $1.0 \cdot 10^{-6}$ моль/л H_2SO_4 , полагая, что диссоциация по обеим ступеням равна 100%.

Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольная работа)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	в работе присутствуют все структурные элементы, вопросы раскрыты полно, изложение материала логично, выводы аргументированы, работа правильно оформлена, недочеты отсутствуют
отлично	в работе присутствуют все структурные элементы, вопросы раскрыты полно, изложение материала логично, выводы аргументированы, работа правильно оформлена, допускается 1-2 недочета в оформлении работы
очень хорошо	в работе присутствуют все структурные элементы, изложение материала логично, выводы аргументированы, работа правильно оформлена, один вопрос раскрыт не полностью полно,
хорошо	в работе есть 2-3 незначительные ошибки, изложенный материал не противоречит выводам, нет грубых ошибок в оформлении
удовлетворительно	один из вопросов раскрыт не полностью, присутствуют логические и фактические ошибки, плохо прослеживается связь между ответом и выводами, допущены существенные ошибки в оформлении
неудовлетворительно	количество ошибок превышает допустимую норму, в работе отсутствуют выводы или не хватает других структурных элементов, работа оформлена не по требованиям
плохо	работа не выполнена полностью

5.1.3 Типовые задания (оценочное средство - Опрос) для оценки сформированности компетенции ОПК-1

1. Каково процентное содержание карбоната в KOH, если при титровании раствора щелочи с фенолфталеином израсходовано 28.6 мл, а с метиловым оранжевым 29.7 мл раствора соляной кислоты?
2. При определении содержания кальция в воде потенциал Са-селективного электрода с идеальной Нернстовской функцией оказался равным 80 мВ. В стандартном растворе хлорида кальция, содержащем 40 мг/л (Са) потенциал равен 120 мВ. Каково содержание кальция в воде, мг/л?
3. При определении содержания железа (III) в растворе получили следующие результаты: 18.2, 18.3, 18.25, 18.5, 18.2, 18.25 мкг/л. Нужно ли исключить величину 18.45мг/л? Представьте результаты химического анализа.
4. Рассчитать процент примесей в препарате $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, если на титрование 0.25 г препарата пошло 26.6 мл раствора перманганата калия с эквивалентной концентрацией 0.09 моль/л.
5. Ошибки титрования кислот и оснований. Индикаторные ошибки.
6. На титрование 0.3913 г медного купороса $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ затрачено 15.67 мл раствора тиосульфата натрия. Вычислить титр раствора пятиводного тиосульфата натрия.

7. Эквивалентная концентрация, титр раствора. Основное уравнение для вычисления в титриметрическом анализе. Исходные вещества.
8. На титрование 0.500 г пятиводного медного купороса затрачено 21.23 мл раствора тиосульфата натрия. Вычислить титр раствора $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$.
9. Оценка достоверности аналитических данных. Представление аналитических результатов.
10. Чему равна величина $\Delta\text{pH}/\Delta\text{Ф}$ при нейтрализации 0.1 моль/л раствора пикриновой кислоты ($K_a = 2 \cdot 10^{-1}$) от 0 до 50% едкой щелочью?
11. Водный раствор аммиака с плотностью 0.904 г/мл при 20°C содержит 26% масс. аммиака. Каков титр раствора?
12. Вычислить ошибку титрования 20 мл 0.1 моль/л раствора соляной кислоты раствором едкого натрия в присутствии метиленового красного ($\text{pT} = 5$; $V_{\text{конечн.}} = 40$ мл).
13. Вычислить относительную ошибку титрования 0.005 моль/л раствора щелочи с тимоловым голубым ($\text{pT} = 8$; $V_{\text{кон.}} = 1.5 V_{\text{нач.}}$).
14. Каково процентное содержание карбоната в КОН, если при титровании раствора щелочи с фенолфталеином израсходовано 28.6 мл, а с метиловым оранжевым 29.7 мл раствора соляной кислоты?
15. Эквивалентная концентрация. Титр раствора. Расчет моль-эквивалента.
16. Классификация и общая характеристика физических и химических методов анализа. Инструментальные методы.
17. Систематические и случайные погрешности анализа. Правильность анализа.
18. При определении нитрат-ионов 20 г измельченных корнеплодов залили 20 мл воды, потенциал нитрат-селективного электрода с идеальной Нернстовской функцией равен 130 мВ. В стандартном растворе нитрата калия, содержащем 202 мг/л, потенциал равен 118 мВ. Каково содержание нитрат-ионов в корнеплодах, мг/кг?
19. Виды химического анализа: изотопный, элементный, функциональный, молекулярный, вещественный, фазовый. Анализ без разрушения; локальный анализ; дистанционный анализ. Макро-, микро- и ультрамикрoанализ.
20. Предельные возможности методов анализа. Предел обнаружения.
21. При определении содержания кальция в воде потенциал Са-селективного электрода с идеальной Нернстовской функцией оказался равным 80 мВ. В стандартном растворе хлорида кальция, содержащем 40 мг/л (Са) потенциал равен 120 мВ. Каково содержание кальция в воде, мг/л?
22. При определении этилового спирта методом газовой хроматографии были получены следующие высоты пиков в зависимости от содержания:

m, мг	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0
h, мм	18	37	48	66	83

Для 0.02 мл анализируемого раствора получен пик высотой 57 мм. Определить содержание спирта в растворе (%), если плотность раствора 0.95 г/см³).

23. При определении нитратов 20 мл сточной воды помещены в потенциометрическую ячейку. Потенциал нитрат-селективного электрода с идеальной функцией оказался равным 34 мВ. После этого к пробе добавили 1 мл стандартного раствора нитрата калия с концентрацией 3.68 г/л. Потенциал электрода стал равен 18 мВ. Каково содержание нитратов в сточной воде?
24. Для определения жесткости воды по Ca^{2+} в потенциометрическую ячейку поместили 20 мл исследуемой воды. Потенциал Са-селективного электрода с идеальной Нернстовской функцией оказался равным 80 мВ. После добавления к пробе 1 мл стандартного раствора $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ с концентрацией $8.44 \cdot 10^{-3}$ М потенциал стал равным 100 мВ. Каково содержание Ca^{2+} в воде (мг/л)?
25. Типы кривых кондуктометрического титрования.

26. Капиллярная хроматография. Возможности метода. Количественный хроматографический анализ.
27. Возможно ли определение нитратов в молоке методом градуировочного графика с нитрат-селективным электродом с погрешностью 10%, если концентрация нитратов не превышает ПДК (100 мг/л), а концентрация хлоридов достигает 500 мг/л?
28. Возможно ли определение фторидов при концентрации 200 мг/л с погрешностью, не превышающей 5%, при pH 7.
29. Анализ трех проб горной породы спектрофотометрическим методом дал следующие значения содержания алюминия: 0.103; 0.090; 0.095 %. Вычислить S_r и относительную погрешность определения.
30. Сколько никеля (II) останется в растворе, если через колонку, заполненную 10 г катионита, пропустили 500 мл 0.05 н. раствора соли никеля? Полная динамическая обменная емкость катионита в данных условиях равна 1.4 ммоль-эквивалентов никеля (II) на 1 грамм ионообменной смолы.
31. Рассчитайте % состав газовой смеси при газохроматографическом анализе:
- | | S , мм ² | K |
|-------------|-----------------------|------|
| Пропан | 216 | 1.13 |
| Бутан | 312 | 1.11 |
| пентан | 22 | 1.11 |
| Циклогексан | 34 | 1.08 |
32. Фотометрическое титрование. Определение по поглощению продукта реакции, по поглощению определяемого вещества, по поглощению титранта, по поглощению определяемого вещества и титранта. Определение точки эквивалентности с помощью индикатора.
33. Потенциал ячейки (пара: стеклянный и нормальный каломельный электрод) равен 209.4 мВ в буферном растворе с pH = 4.01. Рассчитать pH и в растворе, если потенциал равен 71 мВ.
34. Предельные возможности методов анализа. Предел обнаружения.
35. Потенциал ячейки (Mg^{2+} - нормальный каломельный электрод) равен 367 мВ в растворе $c = 9.62 \cdot 10^{-3}$ моль/л. Рассчитать p и в растворе, потенциал которого равен 300 мВ. (Электрод обладает нормальной Нернстовской функцией).
36. По результатам потенциометрического титрования в четырех параллельных пробах стали определено содержание никеля: 7.70; 7.55; 7.48; 7.64 % масс. Вычислить границы доверительного интервала содержания никеля в стали при доверительной вероятности $P=0.95$, S_r и относительную погрешность анализа.
37. При определении концентрации хрома спектрофотометрическим методом в трех навесках легированной стали получены следующие результаты: 1.66; 1.72; 1.75 % масс. Вычислить S_r и относительную погрешность определения.
38. Для определения содержания ванадия пробу нефти массой 2,000 г разбавили метилизобутилкетонем в 10 раз и распылили в пламени атомно-абсорбционного спектрометра. Оптическая плотность при длине волны линии ванадия составила 0,650. Вычислите массовую долю ванадия в образце, если известно, что для другого образца нефти такой же массы, содержащего 0,005 г ванадия и обработанного аналогичным образом оптическая плотность составляет 0,810.

5.1.4 Типовые задания (оценочное средство - Опрос) для оценки сформированности компетенции ОПК-2

1. Проведите эксперимент и установите присутствие нитрат-ионов в растворе. Какие анионы

- могут мешать обнаружению нитратов по реакции “бурого кольца”? Ответ объясните.
- Осадок, полученный при действии на исследуемую задачу смесью растворов соляной и серной кислот, без остатка растворился в растворе аммиака. Сделайте вывод о составе задачи.
 - Можно ли использовать раствор бихромата калия для осаждения стронция? Приведите формулу осадка.
 - Как проверить, какой из ионов: Sn^{2+} или Sn^{4+} присутствует в растворе? Как перевести Sn^{4+} в Sn^{2+} ?
 - Как устранить мешающее влияние аммония при обнаружении калия?
 - Методы титриметрического анализа. Требования к реакциям в титриметрическом анализе.
 - Смешивают 0.2 л 0.5 моль экв/л и 0.6 л 0.1 моль экв/л раствора одного и того же вещества. Какова эквивалентная концентрация полученного раствора?
 - Какой объём раствора оксалата натрия с эквивалентной концентрацией 0.65 моль/л необходимо прилить к раствору той же соли с эквивалентной концентрацией 0.25, чтобы получить 2 л раствора с эквивалентной концентрацией 0.400 моль/л?
 - KMnO_4 и $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ как аналитические реагенты.
 - Гравиметрический анализ. Осаждение из гомогенных растворов. Форма осаждения и весовая форма, требования к ним.
 - Методы перманганатометрии и йодометрии.
 - Комплексные соединения в аналитической химии. Концентрация ионов в растворе комплексных солей. Константа нестойкости. Комплексообразование при растворении осадков.
 - Методы титриметрического анализа. Требования к реакциям в титриметрии. Фактор эквивалентности, эквивалентная концентрация, её вычисление.
 - Щелочь и гидроксид аммония как аналитические реагенты.
 - Кислотно-основное титрование. Критерии возможности титрования. Выбор индикаторов по кривой титрования.
 - Химическое равновесие. Константа диссоциации. Ступенчатая диссоциация. Расчет состояния вещества, участвующего в ступенчатой диссоциации.
 - В 3.5 л воды растворён 1 г 96.6% раствора серной кислоты с плотностью 1.84 г/см³. Вычислите pH раствора.
 - Гидроксид аммония и серная кислота как аналитические реагенты.
 - Комплексные соединения в аналитической химии. Типы комплексов. Экстракция комплексных соединений.
 - Понятие об индикаторах метода нейтрализации. Классификация. Теория индикаторов. Интервал перехода и pH индикаторов.
 - Вода как электролит. Константы автопротолиза растворителей.
 - Вычисление pH в буферных растворах.
 - Буферные растворы, значение их в анализе. Вычисление pH буферных растворов.
 - Комплексонометрическое титрование. Влияние условий и выбор индикатора.
 - Кислотно-основное равновесие в многокомпонентных системах.
 - Вычислить ошибку титрования 20 мл 0.1 моль/л раствора соляной кислоты раствором едкого натрия в присутствии метиленового красного (pT = 5; V_{конечн.} = 40 мл).
 - Теория электролитической диссоциации. Электролиты и неэлектролиты. Сильные и слабые электролиты.
 - Соляная и серная кислота как аналитические реагенты.
 - Гравиметрический анализ. Осаждение из гомогенного раствора. Форма осаждения и весовая форма, требования к ним.
 - Перманганат и бихромат как окислители и аналитические реагенты.
 - Влияние одноименных и разноименных ионов на растворимость малорастворимых электролитов.

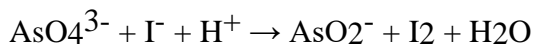
32. Гидролиз, константа и степень гидролиза. Расчет pH в растворах гидролизующихся солей.
33. Соляная и серная кислоты как аналитические реагенты.
34. Влияние кислотности среды на растворимость малорастворимых соединений.
35. Расчет кривых окислительно-восстановительного титрования. Потенциал в точке эквивалентности.
36. Метод светорассеяния. Принципиальные основы метода. Ультрамикроскопия.
37. Ионообменная хроматография. Принципы, лежащие в основе разделения и концентрирования компонентов анализируемых смесей. Факторы, влияющие на время удерживания вещества.
38. Потенциометрическое титрование. Кисотно-основное титрование. Окислительно-восстановительное титрование.
39. Планарная хроматография и ее разновидности. Метод получения хроматограмм. Двумерная хроматография. Методы детектирования.
40. Законы светопоглощения. Отклонения от закона Бугера - Ламберта - Бера.
41. Закон аддитивности в фотометрии. Влияние аддитивности аналитических сигналов в качественном и количественном анализе.
42. Влияние немонохроматичности света на точность и селективность фотометрических определений.
43. Для контроля содержания следов γ -гексахлорциклогексана в пищевых продуктах используют хроматографические методы. ВЭТТ газо-хроматографической колонки составляет 0,5 мм, длина колонки 1 м, время удерживания данного соединения 210 с. Оценить полуширину хроматографического пика этого соединения на хроматограмме.

5.1.5 Типовые задания (оценочное средство - Опрос) для оценки сформированности компетенции ОПК-3

1. Рассчитайте диаграмму состояния фосфорной кислоты в растворе. С использованием полученной диаграммы выберете оптимальный pH для осаждения гидрофосфата магния.
2. Как изменится растворимость AgCNS в 0.01 моль/л растворе аммиака по сравнению с растворимостью в воде ($\text{IPAgCNS} = 1.1 \cdot 10^{-12}$, $\lg K_1 = 3.32$; $\lg K_2 = 3.92$).
3. Рассчитайте индикаторную погрешность при титровании 0.1 н раствора гидроксида натрия раствором соляной кислоты в присутствии метилового оранжевого.
4. Кисотно-основное титрование. Критерии возможности титрования. Выбор индикаторов по кривой титрования.
5. Растворимость, произведение растворимости, их вычисление. Условия выпадения осадков.
6. Влияние одноименных и разноименных ионов на растворимость малорастворимых электролитов.
7. Влияние комплексообразования на растворимость малорастворимых соединений.
8. Влияние кислотности среды на растворимость малорастворимых соединений.
9. Расчет кривых титрования сильных и слабых кислот и оснований.
10. Расчет кривых окислительно-восстановительного титрования. Потенциал в точке эквивалентности.
11. Рассчитать растворимость нитрита серебра с учетом влияния ионной силы, создаваемой в растворе его ионами.
12. Растворимость и условия осаждения малорастворимых гидроксидов.
13. Рассчитать растворимость AgCNS в 0.01 моль/л растворе аммиака ($\text{IPAgCNS} = 1.1 \cdot 10^{-12}$, $\lg K_1 = 3.32$; $\lg K_2 = 3.92$).
14. Комплексометрическое титрование. Влияние условий и выбор индикаторов для него.
15. Вычислить pH 0,03% раствора серной кислоты с учетом коэффициента активности, считая диссоциацию по обеим ступеням равной 100%.

16. Выделится ли осадок оксалата кальция CaC_2O_4 ($\text{ПР} = 2,3 \cdot 10^{-9}$) в растворе $0,02$ моль/л по CaCl_2 , $0,01$ моль/л по HCl и $0,01$ моль/л по $\text{K}_2\text{C}_2\text{O}_4$ (Константы диссоциации щавелевой кислоты $K_1 = 5,6 \cdot 10^{-2}$, $K_2 = 5,9 \cdot 10^{-5}$)?
17. Вычислить pH раствора однозамещенного фосфата натрия ($K_{a1} = 7,5 \cdot 10^{-3}$; $K_{a2} = 6,2 \cdot 10^{-8}$; $K_{a3} = 5,0 \cdot 10^{-13}$)
18. Смешаны поровну $0,5\%$ раствор аммиака и $0,5\%$ раствор хлористого аммония. Чему равняется pH раствора? $K_b = 1,75 \cdot 10^{-5}$.
19. Расчет кривых окислительно-восстановительного титрования. Потенциал в точке эквивалентности.
20. Расчет pH в растворах сильных и слабых одноосновных кислот.
21. Выпадет ли осадок, если слить равные объемы нитрата свинца и иодида калия, концентрации которых $2 \cdot 10^{-3}$ моль/л и $2 \cdot 10^{-4}$ моль/л соответственно? $\text{ПР} (\text{PbI}_2) = 4 \cdot 10^{-9}$.
22. Определить длину хроматографической колонки, если для гексана высота, эквивалентная теоретической тарелке, составляет $0,1$ мм, время удерживания 212 с, ширина основания пика 12 с.
23. Оптическая плотность раствора в точке эквивалентности при фотометрическом титровании с образованием цветного продукта реакции из безцветных исходных веществ составила $0,74$. Добавление избытка титранта до достижения насыщения (полного образования продукта реакции) привело к возрастанию оптической плотности до $0,81$. Рассчитать степень диссоциации продукта реакции, если он образуется по схеме:

$$\text{M} + \text{R} \rightleftharpoons \text{MR}.$$
24. Принципы, лежащие в основе газохроматографического разделения компонентов. Теория теоретических тарелок. Разрешение пиков.
25. Раствор поглощает 99% падающего на него света. Какова оптическая плотность раствора?
26. Рассчитать светопропускание раствора, имеющего оптическую плотность $0,5$.
27. Рассчитать длину колонки, необходимую для разделения веществ с разрешением хроматографических пиков равным 1 . Принять, что мертвый объем колонки равен 10 мл; приведенный удерживаемый объем $V_R(\text{B}) = 130$ мл; фактор разделения $\alpha_{\text{A/B}} = 1,1$ и высота эквивалентной теоретической тарелки (ВЭТТ) равна $0,1$ см.
28. Для определения молярного коэффициента светопоглощения некоторого вещества приготовлены две пробы с концентрациями вещества в них $2,00 \cdot 10^{-5}$ и $6,00 \cdot 10^{-5}$ моль/л. Оптические плотности растворов этих проб в кювете с $l = 2,03$ см были соответственно $0,482$ и $1,18$. Рассчитать значение молярного коэффициента светопоглощения.
29. К 10 мл $0,1$ моль/л раствора BaCl_2 прилили 20 мл $0,3$ моль/л раствора хромата калия. Сколько мг Ba^{2+} останется в растворе после установления равновесия? $M(\text{Ba}) = 137$ г/моль.
30. Возможно ли восстановление AsO_4^{3-} до AsO_2^- при $\text{pH} = 0$?



().

1. Вычислить эффективную константу равновесия окислительно-восстановительной реакции: $\text{PbO}_2 + \text{Fe}^{2+} + \text{H}^+ \rightarrow \text{Pb}^{2+} + \text{Fe}^{3+} + \text{H}_2\text{O}$

($\text{pH} = 0$)

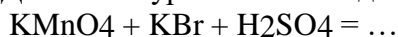
32. Рассчитать потенциал полуреакции титрования раствора соли Мора с эквивалентной концентрацией $0,1$ моль/л раствором перманганата калия с эквивалентной концентрацией $0,1$ моль/л при $\text{pH} = 0$.

33. ; $\chi = 0,5$.

34. Вычислить растворимость MgNH_4PO_4 в маточном растворе, содержащем избыточную

концентрацию PO_4^{3-} , равную 0.01 моль/л. $\text{IP}(\text{MgNH}_4\text{PO}_4) = 2.5 \cdot 10^{-13}$.

35. Допишите уравнение и подсчитайте эквивалентную массу серной кислоты:



5.1.6 Типовые задания (оценочное средство - Опрос) для оценки сформированности компетенции ОПК-4

1. Предложите способ определения нитрат-ионов в водном растворе на уровне концентраций 10^{-3} моль/л. Сформулируйте основные этапы анализа.
2. Какой индикатор следует использовать при титровании водного раствора аммиака кислотой. Ответ поясните.
3. Растворимость осадков в избытке осадителя.
4. Растворимость и условия осаждения малорастворимых гидроксидов.
5. Влияние кислотности среды на растворимость малорастворимых соединений.
6. Окисление-восстановление. Составление уравнений реакций окисления- восстановления.
7. Выделится ли осадок фторида кальция в растворе, содержащем 0,03 моль/л нитрата кальция, 0.8 моль/л HCl и 0.1 моль/л фторида натрия? $K_{\text{HF}} = 7.4 \cdot 10^{-4}$.
8. Влияние комплексообразования на сдвиг окислительно-восстановительных равновесий.
9. Константы равновесия реакций окисления-восстановления.
10. Вычислить коэффициент активности и активность ионов Ca^{2+} в растворе, содержащем $2 \cdot 10^{-2}$ моль/л KCl и $5 \cdot 10^{-3}$ моль/л CaCl_2 .
11. Взвешен оксид алюминия. Определяют количество алюминия. Вычислить фактор пересчета.
12. Вычислить pH 0.11% раствора гидроксида кальция с учетом коэффициентов активности, считая диссоциацию по обеим ступеням полной (степень диссоциации 100%).
13. Основные положения потенциометрического метода анализа. Равновесный потенциал электрода, его зависимость от концентрации. Уравнение Нернста. Стандартный электродный потенциал. Реальный потенциал.
14. Индикаторные потенциометрические электроды. Классификация и селективность электродов.
15. Ионная хроматография. Детектирование в ионной хроматографии. Возможности одно- и двухколоночного вариантов метода.
16. Скорость потока несорбирующегося газа-носителя азота составляет 40 см³/мин. Вычислить удерживаемый объем и приведенный удерживаемый объем соединения А на данной хроматографической колонке, если время удерживания А составляет 4 мин. Время выхода азота – 30 с.
17. Мембранные ионоселективные электроды. Электроды с твердыми и жидкими мембранами. Принцип действия, устройство.
18. Теоретические основы кондуктометрического метода анализа. Аппаратура для кондуктометрии.
19. Жидкостная хроматография. Ее разновидности. Принципы, лежащие в основе разделения смесей.
20. Полярография. Принцип метода. Качественный и количественный анализ.
21. Хромато-масс-спектрометрический метод анализа. Принципиальные основы метода. Возможности метода.
22. Кулонометрический метод анализа. Прямая кулонометрия при постоянном потенциале и постоянной силе тока. Кулонометрическое титрование.
23. Газохроматографический метод анализа. Размывание хроматографических полос. Уравнение Ван-Деемтера. Капиллярные и насадочные колонки.
24. Молярный коэффициент светопоглощения продукта взаимодействия алюминия равен 12000 л/моль·см. Исследуемый раствор соли алюминия имеет ожидаемую концентрацию

- ионов Al^{3+} 200 мг/л. Во сколько раз следует разбавить этот раствор при приготовлении пробы для фотометрирования в оптимальных условиях ($A=0.4 - 0.6$) в кювете с $l = 1$ см?
25. Способы регистрации (детекторы) компонентов на выходе из хроматографической колонки.
 26. Прямое фотометрическое определение вещества в растворе. Выбор спектральной области для фотометрических измерений. Количественное определение веществ в растворе.
 27. Способы регистрации (детекторы) компонентов на выходе из хроматографической колонки. Классификация детекторов. Описание отдельных детекторов.
 28. Хроматографический анализ. Классификация методов хроматографии. Причины размывания хроматографической полосы. Представления, лежащие в основе определения компонентов.
 29. Рассчитать энергию возбуждения спектральной линии цинка с волновым числом $2.90 \cdot 10^{-3} \text{ нм}^{-1}$.
 30. Масс-спектрометрический метод анализа. Принципиальные основы метода. Масс-спектр. Разрешение метода. Предельные возможности метода.
 31. ИК-спектроскопия. Источники излучения. Происхождение колебательных спектров поглощения. Связь спектральных характеристик со строением вещества. Количественный анализ.
 32. Вращательная спектроскопия молекул. Происхождение спектров вращения. Количественный анализ.
 33. Люминесцентный метод анализа. Основы метода. Закон Вавилова. Закон Стокса-Ломмеля. Правило Левшина.
 34. Атомно-абсорбционный метод анализа. Принцип метода. Способы атомизации. Неселективное поглощение.
 35. Капиллярная хроматография. Возможности метода. Количественный хроматографический анализ.
 36. Атомно-абсорбционный метод анализа. Источники света. Количественный анализ.
 37. Атомно-эмиссионный анализ. Теоретические основы метода. Источники возбуждения спектров. Явление самопоглощения. Причины уширения спектральных линий.
 38. Атомно-эмиссионный спектральный метод анализа. Связь спектральных характеристик элемента с его положением в Периодической системе. Количественное определение элементов. Причины уширения спектральных линий.
 39. Гель-проникающая хроматография. Принцип метода. Область применения. Методы детектирования.
 40. Основные законы светопоглощения. Отклонения от закона Бугера - Ламберта - Бера.

Критерии оценивания (оценочное средство - Опрос)

Оценк а	Критерии оценивания
зачтено	Даны исчерпывающие и обоснованные ответы на все поставленные вопросы, при ответах выделялось главное, развернутый ответ без принципиальных ошибок; логически выстроенное содержание ответа; мысли излагались в логической последовательности; показано умение самостоятельно анализировать факты, события, явления, процессы в их взаимосвязи и диалектическом развитии; полное знание терминологии по данной теме; четкое выделение причинно-следственных связей между основными категориями; умение ответить на вопрос без использования индивидуального письменного конспекта; использование презентационных материалов
не зачтено	Неполный ответ на вопрос; неполное знание терминологии; наличие некоторых существенных ошибок в изложении основных фактов, теорий; неумение провести логические параллели, выводы; неумение выделить причины и следствия важнейших

Оценк а	Критерии оценивания
	категорий; неспособность ответить без помощи письменного конспекта; знание основной литературы, рекомендованной к семинару.

5.1.7 Типовые задания (оценочное средство - Коллоквиум) для оценки сформированности компетенции ОПК-4

Вопросы к коллоквиумам:

Коллоквиум 1 «Качественный химический анализ».

1. Понятие качественного анализа.
2. Классификация катионов.
3. Понятие аналитической группы, группового реактива.
4. Реакции обнаружения катионов и анионов (входящих в список изучаемых в практикуме).
5. Дробный и системный анализ. Схема разделения катионов.
6. Реакции окисления-восстановления в качественном анализе.
7. Условия осаждения и растворения малорастворимых солей и гидроксидов.
8. Понятие амфотерности. Взаимодействие с кислотами и основаниями.
9. Влияние на растворимость кислотности среды (рН), одноименных и разноименных ионов.
10. Образование комплексов при растворении малорастворимых солей.
11. Диаграммы состояния вещества в равновесии раствор – осадок.
12. Теоретическая основа перевода сульфатов катионов II-й аналитической группы в карбонаты.

Коллоквиум 2 «Оптические методы анализа».

1. Классификация оптических методов анализа. Спектр электромагнитного излучения и его основные характеристики. Спектр испускания и поглощения.
2. Спектроскопия поглощения. Происхождение молекулярных спектров и их использование в абсорбционной спектроскопии. Причины уширения спектральных полос.
3. Основной закон светопоглощения Бугера - Ламберта - Бэра. Оптическая плотность и светопропускание (прозрачность) раствора. Содержание и следствие основного закона, аналитическое использование.
4. Молярный коэффициент светопоглощения, его физический смысл. Чувствительность фотометрических определений.
5. Свойство аддитивности оптической плотности и его учет для раздельного фотометрического определения компонентов смеси.
6. Физические и химические причины отклонения от основного закона светопоглощения. Выбор светофильтра при фотометрических измерениях.
7. Количественный фотометрический анализ. (метод градуировочного графика, способ среднего молярного коэффициента светопоглощения, метод добавок. Достоинства и недостатки методов.
8. Оптимальные условия и погрешности фотометрического метода анализа. Примеры использования фотометрии в аналитической практике.
9. Повышение селективности фотометрического метода. Фотометрическое титрование. Виды диаграмм фотометрического титрования. Отличия реальных кривых фотометрического титрования от теоретических. Экстракционно-фотометрический метод. Возможности и ограничения методов.

10. ИК- и УФ-спектроскопия. Качественный и количественный анализ по ИК- и УФ-спектрам.
11. Основные узлы приборов абсорбционной спектроскопии (источники излучения, монохроматоры, детекторы).
12. Атомная спектроскопия и её классификация. Причины формирования атомных спектров. Факторы, влияющие на уширение спектральных линий.
 - а) Атомно-эмиссионный спектральный анализ. Источники излучения, диспергирующие элементы, детекторы излучения. Качественный и количественный спектральный анализ. Уравнение Ломакина.
 - б) Атомно-абсорбционный анализ. Основы метода и его возможности (сравнение с атомно-эмиссионным анализом). Влияние температуры на результаты атомно-эмиссионного и атомно-абсорбционного анализа.
11. Люминесцентный анализ. Соотношение между интенсивностью люминесценции и концентрацией вещества. Влияние интенсивности возбуждающего излучения на чувствительность анализа. Достоинства и ограничения метода.

Типы задач

1. Расчёт величины светопропускания растворов по известным значениям оптической плотности (и наоборот).
2. Расчёт молярного коэффициента светопоглощения по известным значениям светопропускания или оптической плотности.
3. Расчёт оптической плотности растворов по данным массового содержания вещества и молярного коэффициента светопоглощения.
4. Расчёт минимальной обнаруживаемой (предела обнаружения) концентрации веществ.

Коллоквиум 3 «Электрохимический метод анализа его разновидности»

1. Индикаторный и вспомогательный электроды. Общая схема гальванической цепи электродной пары, измеряемая ЭДС. Классификация индикаторных электродов, механизм возникновения потенциала на металлических и мембранных электродах.
2. Металлические электроды I-го и II-го рода. Уравнение Нернста. Крутизна электродной функции. Графики электродной функции для электродов, обратимых по отношению к катионам и анионам. Редокс-электроды. Приметы использования электродов в аналитической практике.
3. Мембранные (ионоселективные электроды) - ИСЭ и их классификация. Схема ионометрической ячейки, гальваническая цепь ИСЭ. Расчет величины потенциала ИСЭ (отличие от уравнения Нернста). Селективность ИСЭ. Уравнение Никольского. Устройство и принцип работы стеклянного рН-электрода. График электродной функции для стеклянного рН-электрода. Сульфидсеребряные электроды. Особенности жидкостных электродов.
4. Ионметрия. Основы метода. достоинства и недостатки. Погрешности измерений в ионметрии. Взаимосвязь относительной погрешности определения концентрации ионов с погрешностью измерения потенциала и величиной заряда ионов. Влияние сопутствующих веществ на результаты измерений (определение нитрата в присутствии хлорида, определение кальция в присутствии магния).
5. Потенциометрическое титрование, сущность метода, примеры использования (реакции, объекты определения, индикаторные электроды). Сравнение с прямой потенциометрией.
6. Электролиз и кулонометрия. Основной закон электролиза (закон Фарадея). Условие выполнения анализа методом кулонометрии. Прямая кулонометрия, использование метода. Способ кулонометрического титрования и его особенности. Применение в анализе (титрование соляной кислоты, генерация перманганат - и дихромат - ионов). Достоинства метода.

- 7.Кондуктометрия. Удельная и эквивалентная электропроводности, взаимосвязь между ними, размерности величин. Предельная эквивалентная электропроводность (подвижность) ионов. Особенности прямой кондуктометрии и кондуктометрического титрования. Примеры титрования с использованием реакций осаждения и нейтрализации.
- 8.Полярография. Принцип метода. Принципиальная схема полярографической установки (с ртутным каплющим электродом). Вольтамперная кривая (полярограмма) и её объяснение. Уравнение обратимой полярографической волны. Потенциал полуволны, качественный анализ. Уравнение Ильковича и его практическое использование.
- 9.Амперометрическое титрование, принцип метода, индикаторные электроды. Примеры титрования с использованием реакций осаждения и др. (электродноактивное вещество: титруемый ион, титрант, продукт реакции). Особенности способа амперометрического титрования.

Типы задач

1. Расчет величины потенциала ячейки по данным измерения потенциала в стандартном растворе.
2. Расчёт содержания ионов по данным ионометрических измерений с использованием метода добавок.
3. Оценка возможности ионометрических определений в присутствии мешающих ионов методом градуировочного графика.
4. Представление общего вида кривых потенциометрического редокс титрования с предварительным расчетом величин потенциалов, соответствующих заданной степени оттитрованности.
5. Расчёт концентрации вещества по данным амперометрического титрования

Коллоквиум 4 «Хроматографический метод анализа и его разновидности».

1. Классификация видов хроматографии (по агрегатному состоянию подвижной и неподвижной фаз, по механизму сорбционных процессов, по технике выполнения, по методике проведения эксперимента). Примеры использования хроматографических методов анализа.
2. Газовая хроматография. Основы газо-адсорбционной ГАХ и газо-жидкостной ГЖХ хроматографии. Подвижная и неподвижная фазы. Блок-схема газового хроматографа, назначение отдельных узлов и принцип работы. Выходная кривая хроматографического анализа. Параметры хроматографического пика (время удерживания, удерживаемый объём, полуширина). Эффективность хроматографической колонки. Насадочные и капиллярные колонки. Основные детекторы: катарометр; пламенно-ионизационный детектор; детектор электронного захвата, масс-спектрометрический детектор. Качественный газохроматографический анализ (использование селективных детекторов и линейных зависимостей удерживания от свойств веществ). Количественный газохроматографический анализ (метод абсолютной градуировки, способ внутренней нормировки, использование внутреннего стандарта). Преимущества, ограничения, области применения ГАХ и ГЖХ.
3. Жидкостная хроматография.
 - 3.1 Молекулярная жидкостная хроматография. Механизм разделения веществ. Бумажная (БХ) и тонкослойная (ТСХ) хроматография. Роль неподвижной фазы. Двумерная хроматография. Принципиальная схема жидкостного хроматографа. Насосы, колонки, детекторы. Качественный и количественный анализ.
 - 3.2. Ионообменная хроматография. Сущность процесса ионного обмена. Виды ионитов. Ионообменные смолы, их состав. Общие формулы катионитов и анионитов, реакции с их

участием. Правило стехиометрического замещения в ионообменных процессах. Обменная ёмкость сорбентов (полная и динамическая). Избирательность сорбции ионов. Ионная хроматография. Детекторы в ионной хроматографии. Использование ионного обмена в аналитической химии.

4. Методики проведения хроматографического эксперимента. Схемы разделения веществ и хроматограммы при проведении фронтального, элюентного и вытеснительного способов хроматографического анализа. Особенности аналитического использования хроматографии.

Типы задач

1. Рассчёт количества сорбированных ионов с использованием величины обменной ёмкости ионита.
2. Нахождение факторов ёмкости и разделения в хроматографии.
3. Расчёт концентрации вещества по данным ионообменного равновесия с использованием закона эквивалентности ионного обмена.
4. Определение массы вещества методом ТСХ и БХ с применением градуировочного графика.
5. Расчёт массового содержания компонентов смеси по данным газохроматографического анализа (метод абсолютной градуировки, способ внутренней нормировки, использование внутреннего стандарта).

Критерии оценивания (оценочное средство - Коллоквиум)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Даны исчерпывающие и обоснованные ответы на все поставленные вопросы, при ответах выделялось главное, развернутый ответ без ошибок; логически выстроенное содержание ответа; мысли излагались в логической последовательности; показано умение самостоятельно анализировать факты, события, явления, процессы в их взаимосвязи и диалектическом развитии; полное знание терминологии по данной теме; четкое выделение причинно-следственных связей между основными категориями; умение ответить на вопрос без использования индивидуального письменного конспекта; использование презентационных материалов
отлично	Даны исчерпывающие и обоснованные ответы на все поставленные вопросы, при ответах выделялось главное, развернутый ответ без принципиальных ошибок; логически выстроенное содержание ответа; мысли излагались в логической последовательности; показано умение самостоятельно анализировать факты, события, явления, процессы в их взаимосвязи и диалектическом развитии; полное знание терминологии по данной теме; четкое выделение причинно-следственных связей между основными категориями; умение ответить на вопрос без использования индивидуального письменного конспекта; использование презентационных материалов, возможны некоторые незначительные недочеты в ответе
очень хорошо	Даны полные, достаточно обоснованные ответы на поставленные вопросы, правильно решены практические задания; при ответах не всегда выделялось главное, отдельные положения недостаточно увязывались с требованиями программы, ответы в основном были краткими, но не всегда четкими; практически полное знание терминологии данной темы; использование презентационных материалов
хорошо	Даны полные, достаточно обоснованные ответы на поставленные вопросы, правильно решены практические задания; при ответах не всегда выделялось главное, отдельные положения недостаточно

Оценка	Критерии оценивания
	увязывались с требованиями программы, ответы в основном были краткими, но не всегда четкими; практически полное знание терминологии данной темы; использование презентационных материалов, возможны некоторые незначительные недочеты в ответе
удовлетворительно	Даны в основном правильные ответы на все поставленные вопросы, но без должной глубины и обоснования, при решении практических задач студент использовал прежний опыт и не применял новые знания, однако, на уточняющие вопросы даны правильные ответы; при ответах не выделялось главное; ответы были многословными, нечеткими и без должной логической последовательности; на отдельные дополнительные вопросы не даны положительные ответы
неудовлетворительно	Неполный ответ на вопрос; неполное знание терминологии; наличие некоторых существенных ошибок в изложении основных фактов, теорий; неумение провести логические параллели, выводы; неумение выделить причины и следствия важнейших категорий; неспособность ответить без помощи письменного конспекта; знание основной литературы, рекомендованной к семинару.
плохо	Студент затрудняется при выполнении практических задач, работа проводится с опорой на преподавателя или других студентов; отсутствие прямого ответа на поставленный вопрос либо ответ, содержащий бессистемную, минимальную информацию; отсутствие логических связей в ответе; отсутствие знания терминологии по теме вопроса.

5.1.8 Типовые задания (оценочное средство - Отчет по лабораторным работам) для оценки сформированности компетенции ОПК-6

Отчет по лабораторной работе должен отображать следующие разделы:

1. Обзор литературных источников по теме лабораторной работы, обобщение литературных данных.
 2. Оформление списка литературы согласно требованиям к отчету; отражение литературных источников по теме работы.
 3. Приборы и реактивы, необходимые для проведения лабораторной работы.
 4. Протоколирование результатов опытов.
 5. Представление результатов эксперимента в виде таблиц и (или) графических зависимостей в отчете.
 6. Расчет содержания компонента (компонентов) по экспериментальным данным.
 7. Статистическая обработка результатов анализа.
- Анализ полученных данных. Выводы.

Критерии оценивания (оценочное средство - Отчет по лабораторным работам)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Выполнены следующие критерии представления отчета: 1. Степень соответствия выполненного задания поставленным требованиям; 2. Структурирование и комментирование лабораторной работы; 3. Уникальность выполнения работы (отличие от работ коллег); 4. Успешные ответы на контрольные вопросы.
не зачтено	Не выполнение хотя бы одного из критериев отчета: 1. Степень соответствия выполненного задания поставленным требованиям; 2. Структурирование и комментирование лабораторной работы; 3. Уникальность выполнения работы

Оценка	Критерии оценивания
	(отличие от работ коллег); 4. Успешные ответы на контрольные вопросы.

5.2. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине при промежуточной аттестации

Шкала оценивания сформированности компетенций

Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций)	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
	не зачтено			зачтено			
<u>Знания</u>	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Ошибок нет.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.
<u>Умения</u>	Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки	Продemonстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с отдельными и несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
<u>Навыки</u>	Отсутствие базовых навыков. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов	Продemonстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов	Продemonстрирован творческий подход к решению нестандартных задач

Шкала оценивания при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
зачтено	превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне выше предусмотренного программой
	отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично».
	очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо»
	хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо».
	удовлетворительно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
не зачтено	неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно».
	плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

5.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения на промежуточной аттестации

5.3.1 Типовые задания, выносимые на промежуточную аттестацию:

Оценочное средство - Контрольные вопросы

Экзамен

Критерии оценивания (Контрольные вопросы - Экзамен)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Даны исчерпывающие и обоснованные ответы на все поставленные вопросы, при ответах выделялось главное, развернутый ответ без ошибок; логически выстроенное содержание ответа; мысли излагались в логической последовательности; показано умение самостоятельно анализировать факты, события, явления, процессы в их взаимосвязи и диалектическом развитии; полное знание терминологии по данной теме; четкое выделение причинно-следственных связей между основными категориями; умение ответить на вопрос без использования индивидуального письменного конспекта; использование презентационных материалов
отлично	Даны исчерпывающие и обоснованные ответы на все поставленные вопросы, при ответах выделялось главное, развернутый ответ без принципиальных ошибок; логически выстроенное содержание ответа; мысли излагались в логической последовательности; показано умение самостоятельно анализировать факты, события, явления, процессы в их

Оценка	Критерии оценивания
	взаимосвязи и диалектическом развитии; полное знание терминологии по данной теме; четкое выделение причинно-следственных связей между основными категориями; умение ответить на вопрос без использования индивидуального письменного конспекта; использование презентационных материалов, возможны некоторые незначительные недочеты в ответе
очень хорошо	Даны полные, достаточно обоснованные ответы на поставленные вопросы, правильно решены практические задания; при ответах не всегда выделялось главное, отдельные положения недостаточно увязывались с требованиями программы, ответы в основном были краткими, но не всегда четкими; практически полное знание терминологии данной темы; использование презентационных материалов
хорошо	Даны полные, достаточно обоснованные ответы на поставленные вопросы, правильно решены практические задания; при ответах не всегда выделялось главное, отдельные положения недостаточно увязывались с требованиями программы, ответы в основном были краткими, но не всегда четкими; практически полное знание терминологии данной темы; использование презентационных материалов, возможны некоторые незначительные недочеты в ответе
удовлетворительно	Даны в основном правильные ответы на все поставленные вопросы, но без должной глубины и обоснования, при решении практических задач студент использовал прежний опыт и не применял новые знания, однако, на уточняющие вопросы даны правильные ответы; при ответах не выделялось главное; ответы были многословными, нечеткими и без должной логической последовательности; на отдельные дополнительные вопросы не даны положительные ответы
неудовлетворительно	Неполный ответ на вопрос; неполное знание терминологии; наличие некоторых существенных ошибок в изложении основных фактов, теорий; неумение провести логические параллели, выводы; неумение выделить причины и следствия важнейших категорий; неспособность ответить без помощи письменного конспекта; знание основной литературы, рекомендованной к семинару.
плохо	Студент затрудняется при выполнении практических задач, работа проводится с опорой на преподавателя или других студентов; отсутствие прямого ответа на поставленный вопрос либо ответ, содержащий бессистемную, минимальную информацию; отсутствие логических связей в ответе; отсутствие знания терминологии по теме вопроса.

Типовые задания (Контрольные вопросы - Экзамен) для оценки сформированности компетенции ОПК-1 (Способен анализировать, интерпретировать и обобщать результаты экспериментальных и расчетно-теоретических работ химической направленности)

Моль–эквивалент, его вычисление. Нормальность раствора, титр раствора. Основное уравнение для вычислений в титриметрическом анализе. Возможности спектральных методов. Возможности электрохимических методов. Предельные возможности хроматографических методов анализа. Предел обнаружения. Систематические и случайные погрешности анализа. Правильность анализа. Объекты окружающей среды: воздух, природные и сточные воды, почвы, донные отложения. Характерные особенности и задачи их анализа.

Биологические и медицинские объекты. Аналитические задачи в этой области. Санитарно-гигиенический контроль. Геологические объекты. Анализ силикатов, карбонатов, железных, никель-кобальтовых руд, полиметаллических руд. Металлы, сплавы и другие продукты металлургической промышленности. Определение черных, цветных, редких, благородных металлов и анализ их сплавов. Анализ неметаллических включений и определение газообразующих примесей в металлах. Контроль металлургических производств. Изотопные материалы. Определение тория, урана, плутония, трансплутониевых элементов и некоторых продуктов деления. Неорганические соединения. Вещества высокой чистоты (в том числе полупроводниковые материалы, материалы высокотемпературной сверхпроводимости); определение в них основных компонентов, примесных и легирующих микроэлементов. Природные и синтетические органические вещества и элементоорганические соединения, полимеры. Виды анализа таких объектов и соответствующие методы. Примеры решения задач контроля органических производств. Специальные объекты определения: токсичные и радиоактивные вещества, токсины в пищевых продуктах, наркотики, взрывчатые и легковоспламеняющиеся вещества, газы. Оценка достоверности аналитических данных. Представление аналитических результатов.

Типовые задания (Контрольные вопросы - Экзамен) для оценки сформированности компетенции ОПК-2 (Способен проводить химический эксперимент с использованием современного оборудования, соблюдая нормы техники безопасности)

Теория электролитической диссоциации. Электролиты и неэлектролиты. Сильные и слабые электролиты. Химическое равновесие. Константа диссоциации, ступенчатая диссоциация. Расчет состояния вещества, участвующего в ступенчатой диссоциации. Щелочь и гидроксид аммония как аналитические реагенты. Соляная и серная кислоты как аналитические реагенты. Перманганат и дихромат калия как аналитические реагенты. Окисление–восстановление. Составление уравнений окислительно–восстановительных реакций. Зависимость направления и глубины протекания реакций окисления–восстановления от pH среды. Влияние комплексообразующих веществ на окислительно–восстановительные равновесия. Константы равновесия окислительно–восстановительных реакций. Комплексные соединения в аналитической химии. Концентрация ионов в растворах комплексных солей. Константа устойчивости. Растворение осадков в присутствии комплексообразующих веществ (лигандов). Роль и значение комплексных соединений в аналитической химии. Типы комплексов. Вода как электролит. Константы автопротолиза растворителей. Водородный показатель. pH растворов солей, кислот, оснований. Вычисление pH буферных растворов. Гидролиз. Константа и степень гидролиза. Расчет pH растворов гидролизующихся солей. Расчет pH растворов сильных и слабых одноосновных кислот. Кислотно-основные равновесия в многокомпонентных системах.

Растворимость, произведение растворимости, их вычисление. Условия выпадения осадков. Влияние одноименных и разноименных ионов на растворимость малорастворимых электролитов. Растворимость осадков в избытке осадителя. Растворимость и условия осаждения малорастворимых гидроксидов. Влияние комплексообразования на растворимость малорастворимых соединений. Влияние кислотности среды на растворимость малорастворимых соединений. Растворимость амфотерных соединений.

Гравиметрический анализ. Осаждение из гомогенного раствора. Форма осаждения и весовая форма, требования к ним. Методы титриметрического анализа, требования к реакциям в титриметрическом анализе.

Исходные вещества. Кислотно–основное титрование. Расчет кривых титрования сильных и слабых кислот и оснований. Критерии возможности титрования. Выбор индикатора по кривой титрования. Погрешности титрования при определении кислот и оснований. Индикаторы, применяемые в методе нейтрализации. Их классификация. Теория индикаторов. Расчет кривых окислительно–восстановительного титрования. Потенциал, отвечающей точке эквивалентности. Кривые окислительно–восстановительного титрования. Понятие об индикаторах. Относительная точность титрования. Комплексонометрическое титрование. Влияние условий титрования и выбор индикаторов.

Происхождение спектров поглощения. Связь спектральных характеристик со строением вещества. Законы светопоглощения. Отклонения от закона Бугера–Ламберта–Бера. Прямое фотометрическое определение веществ в растворах. Фотометрическое титрование. Закон аддитивности в фотометрии. Его практическое использование. Влияние

немонохроматичности света на точность и селективность фотометрического определения.

Люминесцентный метод анализа. Основы метода. Закон Вавилова. Закон Стокса–Ломмеля.

Правило Левшина. Атомно–абсорбционный метод анализа. Принцип метода. Способы атомизации. Неселективное поглощение. Атомно–абсорбционный метод анализа.

Источники света. Количественный анализ. Атомно–эмиссионный анализ. Теоретические основы метода. Источники возбуждения спектров. Явление самопоглощения. Причины уширения спектральных линий. Атомно–эмиссионный спектральный метод анализа. Связь спектральных характеристик элемента с его положением в Периодической системе. Количественное определение элементов. Вращательная спектроскопия молекул. Происхождение спектров вращения. Количественный анализ. ИК – спектроскопия. Источники излучения. Происхождение колебательных спектров поглощения. Связь спектральных характеристик со строением вещества. Количественный анализ.

Индикаторные потенциометрические электроды. Классификация и селективность электродов. Мембранные электроды. Принцип действия, устройство. Стекланные электроды. Устройство, особенности работы. Вспомогательные потенциометрические электроды. Принцип действия, устройство. Ионометрическое определение концентраций ионов в растворах. Способы определения конечных точек по кривым потенциометрического титрования. Теоретические основы кондуктометрического метода анализа. Типы кривых кондуктометрического титрования. Полярография. Принцип метода. Вольтамперная кривая и ее характеристики. Качественный и количественный анализ.

Классификация и принципиальные основы хроматографических методов анализа. Принципы, лежащие в основе газохроматографического разделения компонентов. Теория теоретических тарелок. Разрешение пиков. Газоадсорбционная хроматография. Основы метода.

Газожидкостная хроматография. Основы метода. Неподвижные жидкие фазы, сорбенты, твердые носители. Влияние природы неподвижной фазы и сорбента на результаты хроматографического разделения. Причины размывания хроматографических полос. Уравнение Ван-Деемтера. Капиллярные и насадочные колонки. Хромато–масс – спектрометрический метод анализа. Принципиальные основы метода. Возможности метода. Жидкостная хроматография. Ее разновидности. Принципы, лежащие в основе разделения смесей. Планарная хроматография и ее разновидности. Метод получения хроматограмм. Двумерная хроматография. Методы детектирования. Ионообменная хроматография. Принципы, лежащие в основе разделения и концентрирования компонентов анализируемых смесей. Факторы, влияющие на время удерживания вещества. Ионная хроматография. Детектирование в ионной хроматографии. Возможности одно- и двухколоночных вариантов метода. Планарная хроматография и ее

разновидности. Тонкослойная хроматография. Методы получения хроматограмм. Двумерная хроматография. Методы детектирования. Бумажная хроматография. Основы метода. Качественный хроматографический анализ. Количественный хроматографический анализ. Метод светорассеяния. Принципиальные основы метода. Ультрамикроскопия. Нефелометрия и турбидиметрия.

Масс-спектрометрический метод анализа. Принципиальные основы метода. Масс-спектр. Разрешение метода. Предельные возможности метода. Методы ионизации: электронный удар, фотоионизация, электростатическое неоднородное поле, химическая ионизация. Ионный ток и сечение ионизации. Потенциалы появления ионов. Типы ионов в масс-спектрометрах: молекулярные, осколочные, метастабильные, перегруппировочные, многозарядные и отрицательные. Принципиальная схема масс-спектрометра Демпстера. Времяпролетный масс-спектрометр. Квадрупольный масс-спектрометр. Спектрометр ион-циклотронного резонанса.

Применение масс-спектрометрии для идентификации веществ.

Хромато-масс-спектрометрия. Общие представления о резонансных (ЭПР-, ЯМР-, Мессбауэровская спектроскопия) и ядерно-физических методах.

Типовые задания (Контрольные вопросы - Экзамен) для оценки сформированности компетенции 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)

Теория электролитической диссоциации. Электролиты и неэлектролиты. Сильные и слабые электролиты. Химическое равновесие. Константа диссоциации, ступенчатая диссоциация. Расчет состояния вещества, участвующего в ступенчатой диссоциации. Щелочь и гидроксид аммония как аналитические реагенты. Соляная и серная кислоты как аналитические реагенты. Перманганат и дихромат калия как аналитические реагенты. Окисление–восстановление. Составление уравнений окислительно–восстановительных реакций. Зависимость направления и глубины протекания реакций окисления–восстановления от pH среды. Влияние комплексообразующих веществ на окислительно–восстановительные равновесия. Константы равновесия окислительно–восстановительных реакций. Комплексные соединения в аналитической химии. Концентрация ионов в растворах комплексных солей. Константа устойчивости. Растворение осадков в присутствии комплексообразующих веществ (лигандов). Роль и значение комплексных соединений в аналитической химии. Типы комплексов. Вода как электролит. Константы автопротолиза растворителей. Водородный показатель. pH растворов солей, кислот, оснований. Вычисление pH буферных растворов. Гидролиз. Константа и степень гидролиза. Расчет pH растворов гидролизующихся солей. Расчет pH растворов сильных и слабых одноосновных кислот. Кислотно-основные равновесия в многокомпонентных системах.

Растворимость, произведение растворимости, их вычисление. Условия выпадения осадков. Влияние одноименных и разноименных ионов на растворимость малорастворимых электролитов. Растворимость осадков в избытке осадителя. Растворимость и условия осаждения малорастворимых гидроксидов. Влияние комплексообразования на растворимость малорастворимых соединений. Влияние кислотности среды на растворимость малорастворимых соединений. Растворимость амфотерных соединений.

Гравиметрический анализ. Осаждение из гомогенного раствора. Форма осаждения и весовая форма, требования к ним. Методы титриметрического анализа, требования к реакциям в титриметрическом анализе.

Исходные вещества. Кислотно–основное титрование. Расчет кривых титрования сильных и слабых кислот и оснований. Критерии возможности титрования. Выбор индикатора по кривой титрования. Погрешности титрования при определении кислот и оснований. Индикаторы, применяемые в методе нейтрализации. Их классификация. Теория индикаторов. Расчет кривых окислительно–восстановительного титрования. Потенциал, отвечающей точке эквивалентности. Кривые окислительно–восстановительного титрования. Понятие об индикаторах. Относительная точность титрования. Комплексонометрическое титрование. Влияние условий титрования и выбор индикаторов.

Типовые задания (Контрольные вопросы - Экзамен) для оценки сформированности компетенции ОПК-4 (Способен планировать работы химической направленности, обрабатывать и интерпретировать полученные результаты с использованием теоретических знаний и практических навыков решения математических и физических задач)

Современное состояние аналитической химии. Задачи аналитической химии. Виды химического анализа: изотопный, элементный, функциональный, молекулярный, вещественный, фазовый. Анализ без разрушения; локальный анализ; дистанционный анализ. Макро-, микро- и ультрамикроанализ. Классификация и общая характеристика физических и химических методов анализа. Инструментальные методы. Классификация и общая характеристика физико–химических методов анализа. Этапы проведения химического анализа. Постановка цели и задачи анализа. Выбор метода анализа. Отбор и подготовка пробы к анализу. Измерение аналитического сигнала.

Происхождение спектров поглощения. Связь спектральных характеристик со строением вещества. Законы светопоглощения. Отклонения от закона Бугера–Ламберта–Бера. Прямое фотометрическое определение веществ в растворах. Фотометрическое титрование. Закон аддитивности в фотометрии. Его практическое использование. Влияние монохроматичности света на точность и селективность фотометрического определения. Люминесцентный метод анализа. Основы метода. Закон Вавилова. Закон Стокса–Ломмеля. Правило Левшина. Атомно–абсорбционный метод анализа. Принцип метода. Способы атомизации. Неселективное поглощение. Атомно–абсорбционный метод анализа. Источники света. Количественный анализ. Атомно–эмиссионный анализ. Теоретические основы метода. Источники возбуждения спектров. Явление самопоглощения. Причины уширения спектральных линий. Атомно–эмиссионный спектральный метод анализа. Связь спектральных характеристик элемента с его положением в Периодической системе. Количественное определение элементов. Вращательная спектроскопия молекул. Происхождение спектров вращения. Количественный анализ. ИК - спектроскопия. Источники излучения. Происхождение колебательных спектров поглощения. Связь спектральных характеристик со строением вещества. Количественный анализ.

Индикаторные потенциометрические электроды. Классификация и селективность электродов. Мембранные электроды. Принцип действия, устройство. Стекланные электроды. Устройство, особенности работы. Вспомогательные потенциометрические электроды. Принцип действия, устройство. Ионометрическое определение концентраций ионов в растворах. Способы определения конечных точек по кривым потенциометрического титрования. Теоретические основы кондуктометрического метода анализа. Типы кривых кондуктометрического титрования. Полярография. Принцип метода. Вольтамперная кривая и ее характеристики. Качественный и количественный анализ.

Классификация и принципиальные основы хроматографических методов анализа. Принципы, лежащие в основе газохроматографического разделения компонентов. Теория теоретических тарелок. Разрешение пиков. Газоадсорбционная хроматография. Основы метода. Газожидкостная хроматография. Основы метода. Неподвижные жидкие фазы, сорбенты, твердые носители. Влияние природы неподвижной фазы и сорбента на результаты хроматографического разделения. Причины размывания хроматографических полос. Уравнение Ван-Деемтера. Капиллярные и насадочные колонки. Хромато-масс - спектрометрический метод анализа. Принципиальные основы метода. Возможности метода. Жидкостная хроматография. Ее разновидности. Принципы, лежащие в основе разделения смесей. Планарная хроматография и ее разновидности. Метод получения хроматограмм. Двумерная хроматография. Методы детектирования. Ионообменная хроматография. Принципы, лежащие в основе разделения и концентрирования компонентов анализируемых смесей. Факторы, влияющие на время удерживания вещества. Ионная хроматография. Детектирование в ионной хроматографии. Возможности одно- и двухколоночных вариантов метода. Планарная хроматография и ее разновидности. Тонкослойная хроматография. Методы получения хроматограмм. Двумерная хроматография. Методы детектирования. Бумажная хроматография. Основы метода. Качественный хроматографический анализ. Количественный хроматографический анализ. Метод светорассеяния. Принципиальные основы метода. Ультрамикроскопия. Нефелометрия и турбидиметрия.

Масс-спектрометрический метод анализа. Принципиальные основы метода. Масс-спектр. Разрешение метода. Предельные возможности метода. Методы ионизации: электронный удар, фотоионизация, электростатическое неоднородное поле, химическая ионизация. Ионный ток и сечение ионизации. Потенциалы появления ионов. Типы ионов в масс-спектрометрах: молекулярные, осколочные, метастабильные, перегруппировочные, многозарядные и отрицательные. Принципиальная схема масс-спектрометра Демпстера. Времяпролетный масс-спектрометр. Квадрупольный масс-спектрометр. Спектрометр ион-циклотронного резонанса. Применение масс-спектрометрии для идентификации веществ.

Хромато-масс-спектрометрия. Общие представления о резонансных (ЭПР-, ЯМР-, Мессбауэровская спектроскопия) и ядерно-физических методах.

Типовые задания (Контрольные вопросы - Экзамен) для оценки сформированности компетенции ОПК-6 (Способен представлять результаты профессиональной деятельности в устной и письменной форме в соответствии с нормами и правилами, принятыми в профессиональном сообществе)

Представление результатов химического анализа. Суть классических и инструментальных методов анализа их возможности: интервал определяемых концентраций, предел обнаружения, селективность, величина пробы, необходимая для анализа.

Оценочное средство - Задачи

Экзамен

Критерии оценивания (Задачи - Экзамен)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	в работе присутствуют все структурные элементы, вопросы раскрыты полно, изложение материала логично, выводы аргументированы, работа правильно оформлена, недочеты отсутствуют

Оценка	Критерии оценивания
отлично	в работе присутствуют все структурные элементы, вопросы раскрыты полно, изложение материала логично, выводы аргументированы, работа правильно оформлена, допускается 1-2 недочета в оформлении работы
очень хорошо	в работе присутствуют все структурные элементы, изложение материала логично, выводы аргументированы, работа правильно оформлена, один вопрос раскрыт не полностью полно,
хорошо	в работе есть 2-3 незначительные ошибки, изложенный материал не противоречит выводам, нет грубых ошибок в оформлении
удовлетворительно	один из вопросов раскрыт не полностью, присутствуют логические и фактические ошибки, плохо прослеживается связь между ответом и выводами, допущены существенные ошибки в оформлении
неудовлетворительно	количество ошибок превышает допустимую норму, в работе отсутствуют выводы или не хватает других структурных элементов, работа оформлена не по требованиям
плохо	работа не выполнена полностью

Типовые задания (Задачи - Экзамен) для оценки сформированности компетенции ОПК-1
(Способен анализировать, интерпретировать и обобщать результаты экспериментальных и расчетно-теоретических работ химической направленности)

Задачи по теме: «Растворы»

№ 1. 25 мл 40 % серной кислоты плотностью 1.31 г/см^3 растворили в дистиллированной воде, охладили до комнатной температуры и довели до объема 750 мл.

Рассчитайте: а) массовую долю растворенного вещества в конечном растворе;

б) молярную концентрацию конечного раствора, полагая его плотность 1.0 г/см^3 ;

в) эквивалентную концентрацию, если этот раствор будут использовать в реакциях нейтрализации и кислота будет реагировать по двум (!) ступеням.

№ 2. Смешали 60 г 10 % (масс.) и 25 г 30 % (масс.) растворов соляной кислоты. Плотность полученного раствора составила $1,08 \text{ г/см}^3$.

Рассчитайте: а) массовую долю вещества в полученном растворе;

б) титр полученного раствора;

в) молярную концентрацию кислоты в полученном растворе.

№ 3. К 450 мл раствора гидроксида калия с титром 0.025 г/мл добавили 250 мл 2.5 % раствора гидроксида калия и 100 мл воды. Рассчитайте молярную концентрацию гидроксида калия в растворе.

Плотности растворов и воды примите равными 1 г/мл . Изменение объема при смешении растворов не учитывайте.

Задачи по теме: «Кисотно-основное титрование»

№ 1. Чему равен pH раствора, если 0.1 М CH_3COOH оттитрована на 91% ?

№ 2. В присутствии каких индикаторов можно оттитровать 0.01 моль/л раствор HCl щелочью с погрешностью не более 0.1% ?

1.диметиловый желтый $pT = 3.2$

3.метилоранж $pT = 4.0$

2.фенолфталеин $pT = 9.0$

4.тимолфталеин $pT = 10.0$

№ 3. Вычислить погрешность титрования 20 мл 0.1 моль/л раствора HCl раствором NaOH в присутствии метилового красного ($pT = 5$), $V_{\text{кон.}} = 40$ мл.

№ 4. Каково % содержание карбоната в препарате гидроксида калия, если при титровании с фенолфталеином израсходовано 24.2 мл, а с метиловым оранжевым 26.8 мл соляной кислоты ?

Типовые задания (Задачи - Экзамен) для оценки сформированности компетенции 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)

Задачи по теме: «Состояние вещества и ионные реакции в разбавленных растворах»

№ 1. Вычислить ионную силу раствора (I) и коэффициенты активности (γ) ионов в растворе, содержащем 0.1 моль/л NaCl и 0.02 моль/л ацетата натрия.

№ 2.

1. Рассчитать мольную долю всех форм слабого электролита для следующих условий:

- электролит азотноватистая кислота ($\text{H}_2\text{N}_2\text{O}_2$)
- концентрация электролита 0.1 моль/л
- константы диссоциации $K_1 \sim 10^{-7}$, $K_2 \sim 10^{-11}$
- pH раствора 5 и 10

№ 3. Показать на рисунке общий вид диаграммы состояний указанного электролита.

Задачи по теме: «Химическое равновесие в системе «водный раствор-труднорастворимый электролит»

№ 1. К 10 мл 0.03 моль/л раствора нитрата бария $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ прилили 10 мл 0.2 моль/л раствора карбоната натрия Na_2CO_3 . Рассчитайте, какая масса Ba^{2+} останется в растворе после достижения равновесия. $\text{PP}(\text{BaCO}_3) = 5.1 \cdot 10^{-9}$.

№ 2. В каком из насыщенных растворов концентрация ионов Ca^{2+} больше:

1. раствор сульфата кальция CaSO_4 ($\text{PP} = 2.4 \cdot 10^{-5}$);
2. раствор карбоната кальция CaCO_3 ($\text{PP} = 4.8 \cdot 10^{-9}$);
3. раствор оксалата кальция CaC_2O_4 ($\text{PP} = 2.3 \cdot 10^{-9}$);
4. раствор йодата кальция $\text{Ca}(\text{IO}_3)_2$ ($\text{PP} = 7.0 \cdot 10^{-7}$)?

№ 3. Рассчитайте растворимость хромата кальция CaCrO_4 с учетом влияния ионной силы, создаваемой его ионами в растворе. $\text{PP}(\text{CaCrO}_4) = 7.1 \cdot 10^{-4}$.

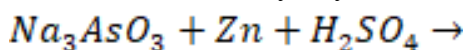
№ 4. Во сколько раз растворимость хромата серебра Ag_2CrO_4 в 0,01 моль/л растворе аммиака NH_3 выше растворимости в воде, если логарифмы ступенчатых констант образования аммиачных комплексов серебра имеют следующие значения: $\lg K_1 = 3,3$; $\lg K_2 = 3,9$.

$$\text{PP}(\text{Ag}_2\text{CrO}_4) = 1,1 \cdot 10^{-12}.$$

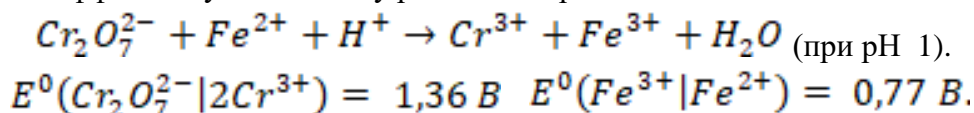
Задачи по теме: «Окислительно-восстановительные реакции»

№ 1. Вычислить титр раствора сульфата железа(II) с молярной концентрацией эквивалента 0.215 моль/л при титровании его перманганатом.

№ 2. Допишите уравнение реакции и подсчитайте сумму стехиометрических коэффициентов:



№ 3. Вычислить эффективную константу равновесия реакции:



№ 4. Сколько воды надо прибавить к 300 мл раствора $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ с молярной концентрацией эквивалента 0.85 моль/л, чтобы получить раствор с молярной концентрацией эквивалента 0.25 моль/л?

Задачи по теме: «Кисотно-основное равновесие»

№ 1. Вычислить pH 0.005 моль/л раствора серной кислоты с учетом коэффициента активности, полагая, что диссоциация по обоим ступеням равна 100%.

№ 2. Вычислите pH 0.1%-ного раствора муравьинокислого натрия. ($K_a = 2 \cdot 10^{-4}$).

№ 3. Смешаны поровну 0.5 %-ный раствор аммиака и 0.5 %-ный раствор хлорида аммония.

Чему равен pH раствора? ($K_b = 1.8 \cdot 10^{-5}$)

№ 4. Вычислить pH 0.03 моль/л раствора NaOH.

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

Основная литература:

1. Никитина Н. Г. Аналитическая химия и физико-химические методы анализа : учебник и практикум / Н. Г. Никитина, А. Г. Борисов, Т. И. Хаханина ; под редакцией Н. Г. Никитиной. - 4-е изд. ; пер. и доп. - Москва : Юрайт, 2023. - 394 с. - (Высшее образование). - ISBN 978-5-534-00427-4. - Текст : электронный // ЭБС "Юрайт", <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=845337&idb=0>.
2. Борисов А. Н. Аналитическая химия для педагогов. Расчеты в количественном анализе : учебник и практикум / А. Н. Борисов, И. Ю. Тихомирова. - 3-е изд. ; испр. и доп. - Москва : Юрайт, 2023. - 153 с. - (Высшее образование). - ISBN 978-5-534-09281-3. - Текст : электронный // ЭБС "Юрайт", <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=843707&idb=0>.
3. Жебентяев Александр Ильич. Аналитическая химия. Химические методы анализа : Учебное пособие / Витебский государственный медицинский университет. - 2. - Москва : ООО "Научно-издательский центр ИНФРА-М", 2023. - 542 с. - ВО - Бакалавриат. - ISBN 978-5-16-004685-3. - ISBN 978-5-16-108551-6. - ISBN 978-985-475-623-2., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=837768&idb=0>.
4. Основы аналитической химии : практическое руководство / Барбалат Ю.А.; Гармаш А.В.; Моногарова О.В.; Осипова Е.А.; Осколок К.В.; Пасекова Н.А.; Прохорова Г.В.; Сорокина Н.М.; Фадеева В.И.; Шаповалова Е.Н.; Шведене Н.В.; Шеховцова Т.Н.; Шпигун О.А. - Москва : Лаборатория знаний, 2017. - 465 с. - ISBN 978-5-00101-567-3., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=735270&idb=0>.
5. Основы аналитической химии : [учеб. для вузов] : в 2 кн. [Кн.] 1 : Общие вопросы. Методы разделения / [Большакова, Т. А., Брыкина, Г. Д., Долманова, И. Ф. и др.] ; под ред. Ю. А. Золотова. - М. : Высшая школа, 1996. - 382 с. : ил. - 19000.00., 1 экз.
6. Основы аналитической химии : [учеб. для вузов] : в 2 кн. [Кн.] 2 : Методы химического анализа / под ред. Золотова Ю. А. - М. : Высшая школа, 1996. - 460 с. : ил. - 19000., 1 экз.
7. Основы аналитической химии : [учеб. для вузов] : в 2 кн. Кн. 2 : Методы химического анализа / под ред. Ю. А. Золотова. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Высшая школа, 2002. - 494 с. : ил. - ISBN 5-06-003559-X (кн. 2). - ISBN 5-06-003560-3 : 130.00., 47 экз.
8. Основы аналитической химии. Кн. 1 : Общие вопросы. Методы разделения. - Изд. 2-е, перераб. и доп. - М. , 2002. - 351 с. : ил. - ISBN 5-06-003558-1 (кн. 1). - ISBN 5-06-003560-3 : 76.45. Основы аналитической химии. Кн. 1 : Общие вопросы. Методы разделения. - М. , 2002. - Изд. 2-е, перераб. и доп. - 351 с. : ил. - ISBN 5-06-003558-1 (кн. 1). - ISBN 5-06-003560-3 : 76.45., 50 экз.
9. Васильев В. П. Аналитическая химия : учеб. для студентов вузов, обучающихся по хим.-технол. специальностям. Кн. 2 : Физико-химические методы анализа. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Дрофа, 2002. - 384 с. - (Высшее образование). - ISBN 5-7107-4726-2 (кн. 2) : 83.50., 2 экз.
10. Васильев Владимир Павлович. Аналитическая химия : [учеб. для химико-технол. специальностей вузов] : в 2 ч. [Ч.] 1 : Гравиметрический и титриметрический методы анализа. - М. : Высшая школа, 1989. - 319, [1] с. : ил. - ISBN 5-06-001519-X. - ISBN 5-06-000066-4 : 1.00., 57 экз.
11. Васильев Владимир Павлович. Аналитическая химия : [учеб. для химико-технол.

- специальностей вузов] : в 2 ч. [Ч.] 2 : Физико-химические методы анализа. - М. : Высшая школа, 1989. - 383, [1] с. : ил. - ISBN 5-06-001519-X : 1.10., 39 экз.
12. Васильев Владимир Павлович. Аналитическая химия : учеб. для студентов вузов, обучающихся по хим.-технол. специальностям : [в 2 кн.]. - 6-е изд., стер. - М. : Дрофа, 2007-. - (Высшее образование). Аналитическая химия. Кн. 1 : Титриметрические и гравиметрический методы анализа. - 2007. - 6-е изд., стер. - 366, [2] с. : ил. - Предм. указ.: с. 351 - 360. - ISBN 978-5-358-03521-8 (кн. 1) : 128.00., 3 экз.
13. Васильев Владимир Павлович. Аналитическая химия : учеб. для студентов вузов, обучающихся по хим.-технол. специальностям : [в 2 кн.]. - 6-е изд., стер. - М. : Дрофа, 2007-. - (Высшее образование). Аналитическая химия. Кн. 2 : Физико-химические методы анализа. - 2007. - 383, [1] с. : ил. - Предм. указ.: с. 371 - 375. - ISBN 978-5-358-03522-5 (кн. 2) : 128.00., 4 экз.
14. Васильев Владимир Павлович. Аналитическая химия : учеб. для студентов вузов, обучающихся по хим.-технол. специальностям : [в 2 кн.]. Кн. 1 : Титриметрические и гравиметрический методы анализа. - 7-е изд., стер. - М. : Дрофа, 2009. - 366, [2] с. : ил. - (Высшее образование). - ISBN 978-5-358-06604-5 (кн. 1) : 260.00., 1 экз.
15. Васильев Владимир Павлович. Аналитическая химия : учеб. для студентов вузов, обучающихся по хим.-технол. специальностям : в 2 кн. - 4-е изд., стер. - М. : Дрофа, 2004-. - (Высшее образование). Аналитическая химия. Кн. 1 : Титриметрические и гравиметрический методы анализа. - М. , 2005. - 366, [2] с. - ISBN 5-7107-9657-3 (кн. 1) : 125.00., 22 экз.
16. Васильев Владимир Павлович. Аналитическая химия : учеб. для студентов вузов, обучающихся по хим.-технол. специальностям : в 2 кн. - 4-е изд., стер. - М. : Дрофа, 2004-. - (Высшее образование). Аналитическая химия. Кн. 2 : Физико-химические методы анализа. - М. , 2004. - 384 с. : ил. - (Высшее образование). - ISBN 5-7107-8746-9 (кн. 2). - ISBN 5-7107-8744-2 : 91.20., 5 экз.
17. Васильев Владимир Павлович. Аналитическая химия : учеб. для студентов вузов, обучающихся по хим.-технол. специальностям : в 2 кн. - 4-е изд., стер. - М. : Дрофа, 2004-. - (Высшее образование). Аналитическая химия. Кн. 2 : Физико-химические методы анализа. - М., 2005. - 5-е изд., стер. - 383, [1] с. : ил. - ISBN 5-7107-9469-4 (кн. 2) : 115.00., 19 экз.
18. Васильев Владимир Павлович. Аналитическая химия : учеб. для студентов вузов, обучающихся по химико-технол. специальностям : в 2 кн. Кн. 1 : Титриметрические и гравиметрический методы анализа. - 4-е изд., стер. - М. : Дрофа, 2004. - 368 с. : ил. - (Высшее образование). - ISBN 5-7107-8745-0 (кн. 1). - ISBN 5-7107-8744-2 : 91.20., 1 экз.
19. Скуг Д. А. Основы аналитической химии : пер. с англ. Е. Н. Дороховой, Г. В. Прохоровой. [Т.] 1 / под ред. Ю. А. Золотова. - М. : Мир, 1979. - 480 с. : ил. - 2.50., 57 экз.
20. Скуг Д. А. Основы аналитической химии : пер. с англ. Е. Н. Дороховой, Г. В. Прохоровой. Т. 2 / под ред. Ю. А. Золотова. - М. : Мир, 1979. - 438 с. : ил. - 2.40., 69 экз.
21. Отто М. Современные методы аналитической химии / пер. с нем. под ред. А. В. Гармаша. - 2-е испр. изд. - М. : Техносфера, 2006. - 416 с. - (Мир химии). - ISBN 5-94836-072-5 : 275.00., 6 экз.
22. Отто М. Современные методы аналитической химии : в 2 т. Т. 1 / пер. с нем. под ред. А. В. Гармаша. - М. : Техносфера, 2003. - 416 с. : ил. - (Мир химии). - ISBN 5-94836-014-8. - ISBN 3-527-29840-1 : 270.00., 6 экз.

Дополнительная литература:

1. Жебентяев Александр Ильич. Аналитическая химия. Хроматографические методы анализа : Учебное пособие. - Москва : ООО "Научно-издательский центр ИНФРА-М", 2017. - 206 с. - ВО -

Бакалавриат. - ISBN 978-5-16-006615-8. - ISBN 978-5-16-104380-6. - ISBN 978-985-475-553-3., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=629270&idb=0>.

2. Подкорытов Анатолий Леонидович. Аналитическая химия. Окислительно-восстановительное титрование : Учебное пособие для вузов / Подкорытов А. Л., Неудачина Л. К., Штин С. А. - Москва : Юрайт, 2021. - 60 с. - (Высшее образование). - ISBN 978-5-9916-9944-0. - Текст : электронный // ЭБС "Юрайт"., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=764961&idb=0>.

Программное обеспечение и Интернет-ресурсы (в соответствии с содержанием дисциплины):

1. Дорохова Е.Н., Прохорова Г.В. Задачи и вопросы по аналитической химии. М.: Мир, 2001. 267 с. [Электронный ресурс]: <http://www.chem.msu.ru/rus/books/2001-2010/dorohova/all.pdf>
2. Шаповалова Е.Н., Пирогов А.В. Хроматографические методы анализа. Методическое пособие для специального курса. МГУ, 2007. [Электронный ресурс]: <http://www.chem.msu.ru/rus/teaching/analyt/chrom/part1.pdf>
3. Гармаш А.В., Сорокина М.Н. Метрологические основы аналитической химии [Электронный ресурс]: <http://www.chem.msu.ru/rus/teaching/analyt/garmash.pdf>,
4. Сайт научного совета по аналитической химии РАН: <http://www.rusanalytchem.org>

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной программой, оснащены мультимедийным оборудованием (проектор, экран), техническими средствами обучения, компьютерами, специализированным оборудованием: Лаборатория оснащена посудой, реактивами и оборудованием, необходимыми для проведения качественного и количественного анализа. Лаборатория физико-химических методов анализа оборудована газовым хроматографом Хромос-1000, фотоэлектроколориметрами КФК-2, кондуктометром № 5721, иономерами универсальными ЭВ-74, рН-метрами милливольтметрами рН-121, рН-метрами Mettler Toledo Five Easy FE 20, магнитными мешалками, плитками и другим лабораторным оборудованием. Имеются помещения для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду.

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ННГУ по специальности 04.05.01 - Фундаментальная и прикладная химия.

Автор(ы): Нипрук Оксана Валентиновна, доктор химических наук, профессор.

Рецензент(ы): Зеленцов Сергей Васильевич, доктор химических наук.

Заведующий кафедрой: Князев Александр Владимирович, доктор химических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 10.11.2022 г., протокол № 2.