

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова

Факультет почвоведения



УТВЕРЖДАЮ

и.о. декана факультета почвоведения

П.В. Красильников

10 апреля 2025 г.

ОЦЕНОЧНЫЕ И МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ (ФОС)

для оценивания результатов обучения

по дисциплине (модулю):

36 ВАРИА Аналитическая химия

Направление подготовки:

05.03.06 Экология и природопользование

Москва 2025

Фонд оценочных средств по дисциплине «Аналитическая химия» разработан на основе ОС по специальности/направлению подготовки 05.03.06 «Экология и природопользование», утвержденного приказом по МГУ от 30.12.2020 № 1368 (в действующей редакции)

1. Требования к результатам освоения дисциплины (модуля)

Аналитическая химия

Компетенции выпускников (коды)	Индикаторы достижения компетенций	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с индикаторами достижения компетенций
<p>Б-УК-3. Способен в контексте профессиональной деятельности использовать знания об основных понятиях и методах естествознания.</p>	<p>Б-УК-3.1. Использует понятия и основные законы естественных наук при решении задач профессиональной деятельности</p>	<p>Знать: требования к оформлению и представлению результатов аналитических работ</p> <p>Уметь: корректно интерпретировать результаты определения химического и фазового состава веществ и материалов различной природы (почв)</p> <p>Уметь: проводить математическую обработку данных химического анализа, обобщать полученные результаты</p> <p>Уметь: оценивать возможные источники ошибок и корректность полученных данных</p> <p>Владеть: техникой аналитического эксперимента</p> <p>Владеть навыками работы на современных аналитических приборах</p>
<p>Б-ОПК-1. Способен использовать базовые знания математики и естественных наук (физики, химии, биологии, экологии и наук о Земле) при решении задач в области экологии и природопользования.</p>	<p>Б-ОПК-1.3. Применяет базовые знания химии при проведении химико-аналитических исследований в области экологии и природопользования.</p>	<p>Знать: основные закономерности химических равновесий и процессов в гомогенных и гетерогенных системах</p> <p>Владеть: теоретическими основами химических и современных инструментальных методов анализа, представлять области их практического применения</p> <p>Уметь: формулировать и решать конкретные задачи на основе законов и закономерностей, освоенных в курсе аналитической химии</p>
		<p>Уметь: находить необходимые для работы сведения в открытых источниках информации</p> <p>Уметь: сопоставлять информацию из разных источников, оценивать ее достоверность</p> <p>Уметь: формулировать научные гипотезы при обсуждении литературных и собственных данных</p> <p>Владеть навыками поиска и критического анализа информации</p> <p>Владеть навыками науки аналитической химии для организации научной и практической деятельности в области почвоведения, природопользования, экологии и охраны природы.</p>

2. Оценочные средства для текущего контроля и самостоятельной работы

2.1. Текущий контроль

2.1.1. Коллоквиумы (устный опрос)

- 1) Покажите связь термодинамической и концентрационной (реальной, условной) констант равновесия.
- 2) Что называется термодинамическим произведением растворимости? От каких факторов оно зависит? Что называется реальным произведением растворимости? В каких условиях реальное произведение растворимости является константой? Что называется условным произведением растворимости? От каких факторов зависит его величина?
- 3) Сущность гравиметрического анализа. Прямые и косвенные методы. Преимущества и недостатки. Практическое применение. Осаждаемая и гравиметрическая форма, требования к ним. Гравиметрический фактор. Примеры.
- 4) Сущность и классификация титриметрических методов. Выражение концентраций растворов в титриметрии. Расчет молярной массы эквивалента в разных методах титрования. Первичные и вторичные стандартные растворы.
- 5) Напишите уравнение Нернста и поясните значения всех входящих в него величин. Что такое стандартный электродный потенциал? Что такое формальный (реальный) потенциал?
- 6) Построение кривых окислительно-восстановительного титрования. Факторы, влияющие на величину скачка в окислительно-восстановительном титровании. Выбор индикатора. Оценка индикаторной погрешности.
- 7) Комплексонометрическое титрование. ЭДТА. Построение кривых титрования. Факторы, влияющие на величину скачка в комплексонометрическом титровании. Роль pH.
- 8) Атомно-эмиссионный и атомно-абсорбционный методы анализа. Атомизация и возбуждение в пламени. Помехи. Достоинства и недостатки методов, сравнительная характеристика.
- 9) Спектрофотометрический метод анализа. Основной закон свето- поглощения Бугера-Ламберта-Бера. Способы монохроматизации светового потока. Основные узлы оптических приборов. Выбор условий измерения оптической плотности. Спектр поглощения. Причины отклонения от закона поглощения.
- 10) Хроматографические методы анализа. Характеристики хроматографического пика. Условия разделения пиков. Виды хроматографии.

2.1.2. Письменная контрольная работа №1 (равновесие осадок – раствор, гравиметрия, кислотно – основное равновесие и титрование)

- 1) Термодинамическая константа диссоциации кислоты HA равна $2,3 \cdot 10^{-5}$. Рассчитайте реальную константу диссоциации кислоты в 0,1 М растворе хлорида магния.
- 2) Найдите растворимость S (г/л) BaCO_3 в присутствии 0,016 М раствора Na_2CO_3 (с учетом ионной силы). Изобразите графически зависимость S от концентрации BaCl_2 и Na_2CO_3 .
- 3) Укажите эквиваленты и факторы эквивалентности серной кислоты H_2SO_4 в реакциях
 - а) $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{NaOH} = \text{NaHSO}_4 + \text{H}_2\text{O}$
 - б) $\text{H}_2\text{SO}_4 + 2\text{NaOH} = \text{Na}_2\text{SO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$
- 4) Для определения CH_3COOH в соке 25,0 мл сока разбавили до 500,0 мл водой, оттитровали аликвоты по 15,0 мл 0,0500 М NaOH и получили следующие результаты (мл): 12,30, 12,25, 12,55, 12,35 мл. а) Какой индикатор выбрать: метиловый оранжевый (pT=4,0) или

- фенолфталеин ($pT = 9,0$)? б) Сколько уксуса содержится в литровой бутылки сока (в г, моль, ммоль, моль/л)?
- 5) Чем загрязнен осадок, полученный при добавлении избытка H_2SO_4 к раствору $BaCl_2$?
 - 6) При определении содержания муравьиной кислоты в формальдегиде оттитровали 4 аликвоты по 10,00 мл 0,1020 М раствором $NaOH$ и получили следующие результаты (мл): 2,50, 2,40, 3,40, 2,40. Найдите содержание $HCOOH$ в формальдегиде и доверительный интервал (г/л), считая $P=0,95$.
 - 7) Смесь карбонатов аммония и натрия обработали избытком щелочи и отогнали получившийся аммиак в мерную колбу на 200,0 мл, содержащую 50,0 мл 0,2040 М HCl . После отгонки раствор разбавили до метки водой. Аликвоты по 20,00 мл оттитровали 0,0103 М $NaOH$, получив результаты (мл): 7,00, 7,10, 8,00, 6,90. Найдите массу иона аммония (г) в исходной смеси и доверительный интервал ($P=0,95$). Как называются метод определения иона аммония и способ титрования?
 - 8) Навеску образца, содержащего Na_2CO_3 , массой 0,1285 г растворили в воде и добавили 25,00 мл 0,2034 М раствора HCl . Избыток непрореагировавшей кислоты оттитровали 0,1256 М раствором $NaOH$, израсходовав 23,42 мл. Рассчитайте массовую долю (%) Na_2CO_3 (М.м. 106,0) в образце.
 - 9) Навеску Na_2CO_3 массой 0,1040 г растворили в воде, добавив 25,00 мл 0,0950 М раствора HCl . На титрование избытка кислоты израсходовали 12,42 мл 0,0500 М раствора $NaOH$. Найдите массовую долю примесей в соде. Как называется описанный способ титрования? М. м. Na_2CO_3 - 106,0.
 - 10) Для определения аммонийного азота из навески удобрения массой 1,2900 г приготовили 250,0 мл раствора. К 25,00 мл полученного раствора добавили формальдегид и выделившуюся кислоту оттитровали 24,22 мл 0,1011 М раствора $NaOH$. На титрование формальдегида в контрольном опыте израсходовали 0,50 мл $NaOH$. Определите массовую долю (%) азота (А.м.14,0) в удобрении. Как называются метод определения иона аммония и способ титрования?

2.1.2. Письменная контрольная работа №2(окислительно-восстановительное и комплексонометрическое титрование, физико-химические методы анализа)

- 1) Постройте кривые титрования 0,1 М раствора $FeSO_4$ в присутствии 0,1 М H_2SO_4 :
 - а) 0,1 М раствором $Ce(SO_4)_2$;
 - б) 0,1 н. раствором $K_2Cr_2O_7$ ($f_{эқв} = 1/6$);
 - в) 0,1 н. раствором $KMnO_4$ ($f_{эқв}=1/5$).
- 2) Назовите первичные стандартные вещества для стандартизации растворов $KMnO_4$ и $Na_2S_2O_3$. Напишите уравнения реакций, укажите условия их проведения и факторы эквивалентности реагирующих веществ.
- 3) Укажите и объясните условия перманганатометрического и дихроматометрического определения $Fe(II)$, перманганатометрического определения окисляемости воды, иодометрического определения $Cu(II)$. Напишите уравнения реакций, укажите факторы эквивалентности реагирующих веществ.
- 4) Для определения кальция в известняке навеску массой 0,4000 г растворили в HCl , разбавили в мерной колбе водой до 100,0 мл и оттитровали 0,0505 М раствором ЭДТА. На титрование аликвоты 10,00 мл в среднем идет 4,50 мл ЭДТА. Каково процентное содержание кальция в известняке? Какова дентатность ЭДТА в реакции с $Ca(II)$? Каков состав образующегося комплекса? Каков тип комплекса? А.м. Ca - 40,08.
- 5) При определении магния в доломите навеску массой 0,4000 г растворили в HCl , разбавили в мерной колбе водой до 250,0 мл и оттитровали 0,0500 М раствором ЭДТА. На титрование аликвот по 15,00 мл в среднем идет по 6,50 мл раствора ЭДТА. Каково процентное содержание MgO в известняке? Какова дентатность ЭДТА в реакции с $Mg(II)$? Каково соотношение $Mg:ЭДТА$ в образующемся соединении? Каков тип комплекса? М.м. MgO - 40,30.

- 6) При определении железа в силикате навеску массой 0,4000 г перевели в раствор, разбавили до метки водой в мерной колбе на 100,0 мл и оттитровали 0,0503 М раствором ЭДТА. На титрование аликвот по 25,00 мл в среднем идет по 4,50 мл раствора ЭДТА. Каково содержание Fe_2O_3 в силикате (%)? Какова денатность ЭДТА в реакции с Fe(III) ? Каково соотношение $\text{Fe}:\text{ЭДТА}$ в образующемся соединении? Каков тип комплекса? М.м. Fe_2O_3 - 159,7.
- 7) К подкисленному раствору, полученному растворением навески образца, содержащего основной карбонат висмута, массой 0,5051 г добавили 20,00 мл 0,0500 М раствора ЭДТА. После доведения pH раствора до 9,3 избыток ЭДТА оттитровали 0,0500 М раствором сульфата цинка, израсходовав 9,20 мл. Рассчитайте массовую долю (%) висмута (А.м. 208,98) в образце.
- 8) Факторы, влияющие на скорость химических реакций. Индуцированные реакции (актор, индуктор, акцептор). Индуктор и катализатор.
- 9) Метод потенциометрического титрования. Как обнаружить конечную точку потенциометрического титрования?
- 10) Спектрофотометрический метод анализа. Основной закон светопоглощения, спектры поглощения, молярный коэффициент поглощения.

2.2. Самостоятельная работа (решение задач и выполнение заданий)

1) Вычислите растворимость (в молях на литр и в г на 100 мл) сульфата бария и иодата бария в воде. $K_{s\text{BaSO}_4} = 1,05 \cdot 10^{-10}$, $K_{s\text{Ba(IO}_3)_2} = 1,51 \cdot 10^{-9}$. Во сколько раз изменится растворимость иодата бария в присутствии 0,02 М нитрата калия по сравнению с растворимостью в воде?

2) Сколько граммов свинца будет потеряно за счет растворимости сульфата свинца при осаждении из 100,0 мл $1,0 \cdot 10^{-2}$ М раствора нитрата свинца эквивалентным и 1,3 - кратным избытком серной кислоты? $K_{\text{SPbSO}_4}^0 = 1,6 \cdot 10^{-8}$

3) Выразите гравиметрические факторы

а) при определении Al в виде Al_2O_3

б) при определении Ni в виде диметилглиоксимата никеля Ni(ДМГ)_2

в) при определении H_2SO_4 в виде BaSO_4

г) при определении Ca, если в качестве гравиметрической формы использованы следующие соединения: CaO , CaSO_4 , CaCO_3 , CaC_2O_4

4) Какую навеску зерна следует взять для определения влажности, если допустимое содержание влаги в зерне составляет 4%?

5) При титровании 0,1000 М раствора HCl 0,1000 М NaOH использовали индикаторы фенолфталеин ($\text{pT}=9,0$) и метиловый оранжевый ($\text{pT}=4,0$). Покажите расчетами, какой из индикаторов использовать целесообразнее.

6) При титровании 0,1000 М раствора CH_3COOH 0,1000 М раствором NaOH использовали индикаторы фенолфталеин ($\text{pT}=9,0$) и метиловый оранжевый ($\text{pT}=4,0$). Покажите расчетами, какой из индикаторов использовать целесообразнее.

7) Можно ли использовать 2-нитрофенол ($\text{pT}=4,0$) при титровании 0,0200 М раствора NH_3 0,0200 М раствором HCl ?

- 8) Постройте кривую титрования 0,1 М раствора FeSO_4 в присутствии 0,1 М H_2SO_4 0,1 М раствором $\text{Ce}(\text{SO}_4)_2$;
- 9) Постройте кривую титрования 0,1 М раствора FeSO_4 в присутствии 0,1 М H_2SO_4 0,1 М раствором $\text{Ce}(\text{SO}_4)_2$ 0,1 н. раствором $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ($f_{\text{эKB}} = 1/6$);
- 10) Постройте кривую титрования 0,1 М раствора FeSO_4 в присутствии 0,1 М H_2SO_4 0,1 М раствором $\text{Ce}(\text{SO}_4)_2$ 0,1 н. раствором KMnO_4 ($f_{\text{эKB}}=1/5$)

2.3. Шкала и критерии оценивания:

Коллоквиумы, контрольные работы и домашние задания считаются выполненными при соблюдении следующих критериев:

Оценка «отлично» - выполнение 85% задания,

Оценка «хорошо» - выполнение 70% задания,

Оценка «удовлетворительно»- выполнение 40% задания,

Оценка «неудовлетворительно» - выполнение менее 40% задания.

3. Оценочные средства для промежуточной аттестации

3.1. Зачет (при наличии) -

3.2. Экзамен: вопросы к экзамену

- 1) Ионное состояние вещества в идеальной и реальной системах. Общая и равновесная концентрации. Термодинамическая и условная константы равновесия. Их взаимосвязь. Современные представления о кислотах и основаниях. Протолитическая теория. Константы кислотности и основности.
- 2) Равновесие в гетерогенной системе осадок - насыщенный раствор. Константа равновесия (произведение растворимости) – термодинамическая, реальная, условная. Условия выпадения и растворения осадка. Условия получения кристаллических и аморфных осадков. Сущность гравиметрического анализа. Осаждаемая и гравиметрическая форма, требования к ним.
- 3) Сущность и классификация титриметрических методов. Выражение концентраций растворов в титриметрии. Расчет молярной массы эквивалента в разных методах титрования. Первичные и вторичные стандартные растворы.
- 4) Основные признаки комплексных соединений. Типы комплексных соединений, используемых в химическом анализе. Хелаты и внутриклеточные соединения. Хелатный эффект. Применение аминополикарбоновых кислот в титриметрии. Обнаружение конечной точки титрования. Способы комплексонометрического титрования.
- 5) Окислительно-восстановительное равновесие. Уравнение Нернста. Стандартный и формальный потенциалы. Влияние электростатических и химических взаимодействий на потенциал. Окислительно-восстановительное титрование. Первичные и вторичные стандартные растворы. Кривые титрования. Индикаторы. Краткая характеристика различных методов.
- 6) Классификация спектроскопических методов. Важнейшие характеристики спектральных линий.
- 7) Атомная эмиссионная и атомная абсорбционная спектроскопия.
- 8) Спектрофотометрия. Выбор оптимальных условий проведения фотометрических реакций. Применение спектроскопических методов для определения концентрации вещества.

- 9) Классификация электрохимических методов анализа. Индикаторный электрод и электрод сравнения. Прямая потенциометрия. Индикаторные электроды и электроды сравнения. Стекланный и фторид-селективный электроды.
- 10) Классификация хроматографических методов анализа. Хроматограммы и способы их получения. Основные принципы бумажной и тонкослойной хроматографии. Примеры практического применения.
- 11) Гравиметрическое определение сульфат-иона.
- 12) Гравиметрическое определение железа и алюминия.
- 13) Гравиметрическое определение кальция.
- 14) Гравиметрическое определение кремния.
- 15) Гравиметрическое определение магния с 8-оксихинолином.
- 16) Определение Na_2CO_3 и NaHCO_3 при совместном присутствии.
- 17) Определение Na_2CO_3 и NaOH при совместном присутствии.
- 18) Определение азота титриметрическими методами.
- 19) Перманганатометрическое определение железа. Индуцированные реакции. Защитные смеси.
- 20) Перманганатометрическое определение окисляемости природной воды или водной вытяжки из почвы.
- 21) Дихроматометрия. Общая характеристика метода. Определение железа. Роль кислотности и фосфорной кислоты.
- 22) Комплексонометрическое определение кальция и магния при совместном присутствии. Выбор рН. Индикаторы.
- 23) Фотометрическое определение титана.
- 24) Фотометрическое определение никеля.
- 25) Фотометрическое определение железа.
- 26) Определение щелочных металлов методом эмиссионной фотометрии пламени. Пламенно-эмиссионное определение натрия и калия.

3.3. Шкала и критерии оценивания

В таблице представлена шкала оценивания результатов обучения по дисциплине «Аналитическая химия». Уровень знаний обучающегося оценивается на "отлично", "хорошо", "удовлетворительно", "неудовлетворительно".

Оценка "отлично" выставляется, если обучающийся демонстрирует сформированные систематические знания, умения и навыки их практического использования. Оценка "хорошо" ставится, если при демонстрации знаний, умений и навыков студент допускает отдельные неточности (пробелы, ошибочные действия) непринципиального характера. При несистематических знаниях, демонстрации отдельных (но принципиально значимых навыков) и затруднениях в демонстрации других навыков выставляется оценка «удовлетворительно». Оценка "неудовлетворительно" ставится, если знания умения фрагментарны, а навыки отсутствуют.

ШКАЛА И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ результатов обучения (РО) по дисциплине				
Оценка РО и соответствующие виды оценочных средств	2	3	4	5
Знания	Отсутствие знаний	Фрагментарные знания	Общие, но не структурированные	Сформированные систематические

			нные знания	знания
Умения	Отсутствие умений	В целом успешное, но не систематическое умение	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение (допускает неточности неприципиального характера)	Успешное и систематическое умение
Навыки (владения, опыт деятельности)	Отсутствие навыков (владений, опыта)	Наличие отдельных навыков (наличие фрагментарного опыта)	В целом, сформированные навыки (владения), но используемые не в активной форме	Сформированные навыки (владения), применяемые при решении задач

Разработчик: Осипова Елена Андреевна

Должность: Доцент кафедры аналитической химии химического факультета МГУ

Ученая степень: кандидат химических наук, диплом ВАК ХМ №013870 от 3.04.1985 г.

Ученое звание: Доцент, аттестат доцента ГКРФ по высшему образованию ДЦ №017099 от 17.04.1996 г.