

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

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

Институт биологии и биомедицины

УТВЕРЖДЕНО

решением президиума Ученого совета ННГУ

протокол № 1 от 16.01.2024 г.

Рабочая программа дисциплины

Аналитическая химия

Уровень высшего образования

Бакалавриат

Направление подготовки / специальность

05.03.06 - Экология и природопользование

Направленность образовательной программы

Экология

Форма обучения

очная

г. Нижний Новгород

2024 год начала подготовки

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.О.16 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 применять базовые знания фундаментальных разделов наук о Земле, естественно-научного и математического циклов при решении задач в области экологии и природопользования	ОПК-1.1: Знает: - основные концепции и методы, современные направления математики, физики, химии и наук о Земле, актуальные проблемы биологических наук и перспективы междисциплинарных исследований ОПК-1.2: Умеет: - использовать навыки лабораторной работы и методы химии, физики, биологических наук и наук о Земле, математического моделирования и математической статистики в профессиональной деятельности ОПК-1.3: Владеет: - методами статистического оценивания и проверки гипотез, прогнозирования перспектив и социальных последствий своей профессиональной деятельности	ОПК-1.1: Владеет знаниями об основных концепциях и методах, современных направлениях математики, физики, химии и наук о Земле, актуальных проблемах биологических наук и перспективах междисциплинарных исследований ОПК-1.2: Умеет использовать навыки лабораторной работы и методы химии, физики, биологических наук и наук о Земле, математического моделирования и математической статистики в профессиональной деятельности ОПК-1.3: Владеет методами статистического оценивания и проверки гипотез, прогнозирования перспектив и социальных последствий своей профессиональной деятельности	Контрольная работа Отчет по лабораторным работам	Экзамен: Контрольные вопросы

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная
Общая трудоемкость, з.е.	3
Часов по учебному плану	108
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	
- занятия лекционного типа	28
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	28
- КСР	2
самостоятельная работа	14
Промежуточная аттестация	36 Экзамен

3.2. Содержание дисциплины

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

Наименование 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/ лабора- торные работы), часы	Всего	
	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0
Предмет, цели и задачи аналитической химии. Классификация аналитических методов. Характеристика аналитических реакций и реагентов. Обработка результатов измерений	15	6	6	12	3
Активность ионов. Ионная сила раствора. Теория Дебая-Хюккеля.	5	2	2	4	1
Титриметрические методы. Индикаторы.. Приготовление стандартных растворов.	5	2	2	4	1
Ионное произведение воды. Расчет pH в водных растворах кислот и оснований. Буферные растворы. Расчет pH буферного раствора.	5	2	2	4	1
Равновесия в растворах гидролизующихся солей. Вычисление концентрации ионов водорода и степени гидролиза в водных растворах гидролизующихся бинарных солей	10	4	4	8	2
Индикаторы в методе нейтрализации. Ионная теория индикаторов. Хромофорная теория индикаторов. Ионно-хромофорная теория индикаторов.	5	2	2	4	1
Окислительно-восстановительное титрование. Окислительно-восстановительные реакции. Уравнение Нернста. Стандартные потенциалы. Направление протекания реакций. Условные потенциалы. Влияние кислотности на направление окислительно-восстановительных реакций. Глубина протекания окислительно-восстановительных реакций	5	2	2	4	1
Методы окислительно-восстановительного титрования. Перманганатометрия. Иодометрия. Иодиметрия. Комплексометрия. Осадительное титрование.	5	2	2	4	1

Равновесие в гетерогенной системе. Равновесия в насыщенных растворах труднорастворимых электролитов. Произведение растворимости. Растворимость труднорастворимых электролитов в воде. Влияние различных факторов на растворимость. Метод гравиметрии.	5	2	2	4	1
Электрохимические методы анализа. Классификация. Потенциометрия. Индикаторные электроды. Электроды с различными мембранами. Вспомогательные электроды. Ионметрия. Кондуктометрия. Кулонометрия.	5	2	2	4	1
Спектроскопические методы анализа. Классификация. Молекулярная спектроскопия. ИК-спектроскопия. Атомная спектроскопия.	5	2	2	4	1
Аттестация	36				
КСР	2			2	
Итого	108	28	28	58	14

Содержание разделов и тем дисциплины

-

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа обучающихся включает в себя подготовку к контрольным вопросам и заданиям для текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведенным в п. 5.

Аналитическая химия. Аналитика 1. Общие теоретические основы. Качественный анализ [Электронный ресурс] / Харитонов Ю.Я. - М. : ГЭОТАР-Медиа, 2014. - 688 с. - ISBN 978-5-9704-2934-1 - Режим доступа: <http://www.studmedlib.ru/book/ISBN9785970429341.html>

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:

1. Рассчитайте концентрации ионов водорода, гидроксид-ионов, pH и pOH в растворе серной кислоты H₂SO₄ с концентрацией 5·10⁻³ М.

2. Вычислите значение pH 0.005 М раствора нитрата аммония NH₄NO₃ (K_b = 1.76·10⁻⁵).

3. pH раствора равен 7.4. Вычислите концентрации ионов водорода, гидроксид-ионов, pOH в этом растворе.

4. Рассчитайте значение pH раствора, содержащего 0.01 моль глюконовой кислоты CH₂OH(CHOH)₄COOH и 0.02 моль глюконата натрия CH₂OH(CHOH)₄COONa в 1 литре (K_a = 1.4·10⁻⁴)?

5. Вычислите pH раствора аммиака NH₄OH с концентрацией 0.01 М (K_b=1.76·10⁻⁵).

6. Рассчитайте, во сколько раз ионная сила раствора нитрата магния больше его молярной концентрации.
7. Рассчитайте коэффициент активности двухзарядного катиона металла в растворе с ионной силой 0.0075.
8. Рассчитайте ионную силу 0.02 моль/л раствора хлорида бария.
9. Рассчитайте ионную силу раствора и коэффициенты активности ионов в растворе, содержащем 0.01 моль/л AlCl_3 и 0.05 моль/л HCl . 10. Какую навеску NaOH необходимо взять для приготовления 200 мл 0.1 н раствора. Какова массовая доля NaOH в этом растворе? ($\rho = 1 \text{ г/мл}$).
11. Какая масса KOH содержится в 250 мл раствора, если на титрование 25 мл такого раствора потребовалось 15 мл 0.01 н раствора соляной кислоты?
12. Какая масса KOH содержится в 100 мл раствора, если на титрование 20 мл такого раствора потребовалось 15 мл 0.005 М раствора серной кислоты?
13. Допишите следующую реакцию, используя электронно-ионный метод (метод полуреакции): $\text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{S} + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{S} + \dots$ Рассчитайте сумму коэффициентов.
14. Допишите следующую реакцию, используя электронно-ионный метод (метод полуреакции): $\text{KMnO}_4 + \text{KBr} + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{Br}_2 + \dots$ Рассчитайте сумму коэффициентов.
15. Допишите следующую реакцию, используя электронно-ионный метод (метод полуреакции): $\text{Na}_3\text{AsO}_4 + \text{KI} + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{Na}_3\text{AsO}_3 + \dots$ Рассчитайте сумму коэффициентов.
16. Какую навеску $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ нужно взять для приготовления 200 мл 0.02 н раствора, используемого для стандартизации раствора перманганата калия.
17. Какую навеску бихромата калия $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ нужно взять для приготовления 250 мл 0.01 н раствора.
18. На титрование 20 мл раствора перманганата калия потребовалось 25 мл 0.01 М раствора оксалата натрия. Установите молярную концентрацию эквивалента раствора перманганата калия. Напишите уравнение протекающей химической реакции, используя метод полуреакции.
19. Рассчитайте растворимость карбоната серебра Ag_2CO_3 в воде, если его произведение растворимости $\text{ПР} = 1.2 \cdot 10^{-12}$.
20. Рассчитайте произведение растворимости сульфида серебра Ag_2S , если его растворимость в воде составляет $1.7 \cdot 10^{-17}$ моль/л.

Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольная работа)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки. Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов. Продemonстрирован

Оценка	Критерии оценивания
	творческий подход к решению нестандартных задач.
отлично	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок. Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественным недочетами, выполнены все задания в полном объеме. Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов.
очень хорошо	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок. Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами. Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов.
хорошо	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок. Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами. Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами.
удовлетворительно	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок. Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме. Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами
неудовлетворительно	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки. При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения и базовые навыки.
плохо	Отсутствие знаний теоретического материала. Отсутствие минимальных умений. Отсутствие владения материалом.

5.1.2 Типовые задания (оценочное средство - Отчет по лабораторным работам) для оценки сформированности компетенции ОПК-1:

1. Приборы и реактивы, необходимые для проведения лабораторной работы.
2. Протоколирование результатов опытов.
3. Представление результатов эксперимента в виде таблиц и (или) графических зависимостей в отчете.
4. Расчет содержания компонента (компонентов) по экспериментальным данным.
5. Статистическая обработка результатов анализа.

6. Анализ полученных данных. Выводы.

Критерии оценивания (оценочное средство - Отчет по лабораторным работам)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Отчет должен удовлетворять всем требованиям, предъявляемым к оформлению отчета. Содержание отчета соответствует названию лабораторной работы. Результаты эксперимента отражены в отчете, соответствуют данным в подписанном протоколе, обработаны, сделаны соответствующие выводы
не зачтено	Содержание отчета не соответствует теме лабораторной работы, предъявляемые требования к оформлению лабораторной работы не соблюдены. Результаты эксперимента не отражены в отчете, либо не соответствуют протоколу, не обработаны, выводы по работе не сделаны. Или отчет не предоставлен.

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	Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнен	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов

				недочетами		ы все задания в полном объеме	
<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 некоторым и недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторым и недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов	Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов	Продемонстрирован 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 с указанием критериев их оценивания:

5.3.1 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ОПК-1

1. Предмет аналитической химии. Структура аналитической химии (качественный и количественный анализ, классификация видов анализа по объему или массе пробы, по природе обнаруживаемых или определяемых частиц, другие виды классификации анализа). Классификация методов анализа (классические, инструментальные).
2. Электролитическая диссоциация воды. Ионное произведение воды. Равновесие H^+ и $ОН^-$ в водных растворах. Показатель концентрации ионов водорода pH и показатель концентрации гидроксид-ионов

рОН.

3. Рассчитайте растворимость оксалата серебра $\text{Ag}_2\text{C}_2\text{O}_4$ в воде, если известно, что $\text{PР}=3.5 \cdot 10^{-11}$.
4. Виды химического анализа: изотопный, элементный, функциональный, Этапы химического анализа. Постановка задачи, выбор метода и схемы анализа.
5. Буферные растворы. Сущность буферного действия. Буферная ёмкость. Расчет рН буферных растворов. Уравнение Гендерсона.
6. С помощью метода полуреакций запишите уравнение реакции, протекающей в растворе, содержащем две окислительно-восстановительные пары при стандартных условиях;
7. Этапы химического анализа. Отбор пробы, подготовка пробы к анализу. Измерение аналитического сигнала.
8. Гравиметрический метод. Сущность метода. Гравиметрический фактор. Осаждаемая и гравиметрическая формы, требования к ним. Применение гравиметрического метода, достоинства и недостатки.
9. Рассчитайте значение рН раствора, содержащего 0.01 моль глюконовой кислоты $\text{CH}_2\text{OH}(\text{CHOH})_4\text{COOH}$ и 0.02 моль глюконата натрия $\text{CH}_2\text{OH}(\text{CHOH})_4\text{COONa}$ в 1 литре ($\text{K}_a = 1.4 \cdot 10^{-4}$)?
10. Обработка результатов измерений. Способы определения концентрации вещества по величине аналитического сигнала (метод градуировочного графика, метод добавок, косвенные методы).
11. Титриметрический анализ. Требования, предъявляемые к реакциям в титриметрии. Классификация титриметрических методов (по характеру аналитической реакции, по способу проведения титрования).
12. Какую навеску бихромата калия $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ нужно взять для приготовления 250 мл 0.01н раствора.
13. Единицы количества вещества и способы выражения концентрации (массовая доля, процентная концентрация, титр, титр вещества по веществу, молярная концентрация, молярная концентрация эквивалента).
14. Показатель концентрации ионов водорода рН и показатель концентрации гидроксид-ионов рОН. Расчет рН водных растворах сильных кислот и оснований.
15. На титрование 20 мл раствора перманганата калия потребовалось 25 мл 0.01 М раствора оксалата натрия. Установите молярную концентрацию эквивалента раствора перманганата калия. Напишите уравнение протекающей химической реакции, используя метод полуреакции.
16. Погрешности химического анализа. Случайные, систематические и грубые погрешности. Их причины. Воспроизводимость, сходимость и правильность анализа. Проверка правильности результатов анализа.
17. Титриметрический анализ. Первичные и вторичные стандарты. Приготовление стандартных растворов.
18. Допишите следующую реакцию, используя электронно-ионный метод (метод полуреакции) $\text{MnSO}_4 + \text{Cl}_2 + \text{NaOH} = \text{MnO}_2 + \text{NaCl} + \dots$
19. Элементы математической статистики при оценке случайных погрешностей. Критерий отбраковки результатов анализа. Представление результатов химического анализа в интервальном варианте.
20. Методы окислительно-восстановительного титрования (перманганатометрия).
21. Какое значение рН имеет раствор, содержащий 0,02 моль уксусной кислоты CH_3COOH и 0.05 моль ацетата натрия CH_3COONa в 1 литре. ($\text{K}_a = 1.74 \cdot 10^{-5}$)?

Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольные вопросы)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим

Оценка	Критерии оценивания
	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»
неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно».
плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

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

Основная литература:

1. Аналитическая химия : учебное пособие / А. И. Апарнев, Г. К. Лупенко, Т. П. Александрова, А. А. Казакова. - 2-е изд. ; испр. и доп. - Москва : Юрайт, 2023. - 107 с. - (Высшее образование). - ISBN 978-5-534-07837-4. - Текст : электронный // ЭБС "Юрайт"., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=840083&idb=0>.

Дополнительная литература:

1. Аналитическая химия : учебное пособие / А. И. Апарнев, Г. К. Лупенко, Т. П. Александрова, А. А. Казакова. - 2-е изд. ; испр. и доп. - Москва : Юрайт, 2023. - 107 с. - (Высшее образование). - ISBN 978-5-534-07837-4. - Текст : электронный // ЭБС "Юрайт"., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=840083&idb=0>.
2. Вернигора А. Н. Аналитическая химия: теоретические основы : учебное пособие / Вернигора А. Н., Волкова Н. В., Зорькина О. В. - Пенза : ПГУ, 2020. - 140 с. - Книга из коллекции ПГУ - Химия. - ISBN 978-5-907262-64-5., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=863509&idb=0>.
3. Денисова О.И. Основы аналитической химии : Учебник / О.И. Денисова. - Москва : КноРус, 2024. - 323 с. - Режим доступа: book.ru. - ISBN 978-5-406-12599-1., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=877988&idb=0>.
4. Аналитическая химия : учебник. - Москва : ГЭОТАР-Медиа, 2022. - 320 с. - ISBN 978-5-9704-

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

-

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной программой, оснащены мультимедийным оборудованием (проектор, экран), техническими средствами обучения, компьютерами.

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 направлению подготовки/специальности 05.03.06 - Экология и природопользование.

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

Заведующий кафедрой: Григорьева Наталья Юрьевна, доктор медицинских наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 05.12.2023, протокол № 2.