

Белорусский государственный университет



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе
и образовательным инновациям

О.Г.Прохоренко

29 июня 2023 г.

Регистрационный № УД-12580 /уч.

**МЕТРОЛОГИЯ, ПРОБООТБОР И ПРОБОПОДГОТОВКА В
ХИМИЧЕСКОМ АНАЛИЗЕ**

**Учебная программа учреждения высшего образования
по учебной дисциплине для специальности:**

1-31 05 01 Химия (по направлениям)

направление специальности:

1-31 05 01-01 Химия (научно-производственная деятельность)

2023 г.

Учебная программа составлена на основе ОСВО 1-31 05 01-2021 и учебного плана №G31-01-005/уч., утвержденного 25.05.2021г.

СОСТАВИТЕЛИ:

Н.А. Апостол, доцент кафедры аналитической химии Белорусского государственного университета, кандидат педагогических наук, доцент;

Е.Г. Рагойжа, старший преподаватель кафедры аналитической химии Белорусского государственного университета.

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

А.Л. Козлова-Козыревская, заведующий кафедрой химии и методики преподавания химии Белорусского государственного педагогического университета имени Максима Танка, кандидат химических наук, доцент;

Е. И. Василевская, доцент кафедры неорганической химии химического факультета Белорусского государственного университета, кандидат химических наук, доцент.

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой аналитической химии
(протокол №16 от 29.06.2023 г.)

Научно-методическим Советом БГУ
(протокол № 9 от 29.06.2023)

Заведующий кафедрой



Заяц М.Ф.

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

«Метрология, пробоотбор и пробоподготовка в химическом анализе» является одним из курсов в системе химического образования большинства университетов. На химических факультетах университетов он является необходимым для успешного изучения химических дисциплин, а также для учебных практик и спецпрактикумов. Курс базируется на знании студентами основ аналитической химии, высшей математики (раздел «Статистика»).

Основными **целями** изучения химической метрологии являются:

1. Изучение основных законов и методов химической метрологии, пробоотбора и пробоподготовки, детальное рассмотрение наиболее важных теоретических положений. Освоение методов обработки результатов химического анализа.

2. Проработка приёмов вычислений по изучаемым методам.

Основная **задача** курса – формирование у будущего специалиста-химика системы теоретических знаний в области химической метрологии, пробоотбора и пробоподготовки, которая позволит ему в будущей профессиональной деятельности выбирать и обосновывать оптимальные способы решения конкретных аналитических задач. Предполагается изучение основных разделов химической метрологии, общих принципов пробоотбора и пробоподготовки, формирующих фундаментальную и практическую подготовку специалистов химического профиля, получение необходимых знаний, формирование умений и навыков у студентов по обработке результатов химического анализа, расчета метрологических характеристик, выбору методов пробоотбора и пробоподготовки.

Место учебной дисциплины в системе подготовки специалиста с высшим образованием.

Учебная дисциплина относится к модулю «Аналитическая химия: физико-химические методы» государственного компонента высшего образования.

Содержание данной учебной дисциплины служит основой для последующего более детального рассмотрения теоретических вопросов химии в таких учебных дисциплинах, как «Физическая химия», «Электрохимические методы анализа», а также в ряде специальных курсов и курсов по выбору студентов, предлагаемых кафедрой аналитической химии.

Требования к компетенциям

– Освоение учебной дисциплины «Метрология, пробоотбор и пробоподготовка в химическом анализе» должно обеспечить формирование следующих компетенций, предусмотренных учебными планами высшего образования первой ступени по специальности 1-31 05 01 Химия (по направлениям), 1-31 05 01-01 Химия (научно-производственная деятельность).

В результате изучения учебной дисциплины студент должен закрепить и развить следующие универсальные (УК) и базовые профессиональные

(БПК) компетенции, СК компетенции, предусмотренные образовательным стандартом высшего образования первой ступени:

УК-1. Владеть основами исследовательской деятельности, осуществлять поиск, анализ и синтез информации.

УК-2. Решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе применения информационно-коммуникационных технологий.

БПК-1. Использовать фундаментальные разделы математики (математический анализ, аналитическую геометрию, дифференциальные уравнения, теорию вероятности и математическую статистику) для решения задач специального содержания.

БПК-4. Осуществлять поиск и анализ данных по изучаемой проблеме в научной литературе, составлять аналитические обзоры, готовить научные статьи, сообщения, рефераты, доклады и материалы к презентациям.

СК-2. Выбирать с учетом теоретических представлений оптимальный и наиболее эффективный метод определения состава анализируемого объекта и осуществлять анализ с использованием физико-химических методов (хроматографических, оптических, спектроскопических, потенциометрических, электрохимических), включая пробоотбор, пробоподготовку, стадии разделения и концентрирования.

СК-5. Применять методы математического анализа, дифференциального исчисления, теории вероятностей, теории статистического оценивания для решения задач химического содержания.

В результате изучения дисциплины обучаемый должен:

знать:

- основные понятия и законы химической метрологии;
- методы статистической обработки результатов химического анализа;
- современное состояние науки и перспективы ее развития;
- численные методы определения погрешностей химического анализа;
- основные закономерности пробоотбора;

уметь:

- использовать методы определения погрешностей в химическом анализе;
- определять правильность результатов, воспроизводимость, оценивать предел обнаружения, обрабатывать результаты химического анализа методами дисперсионного и корреляционного анализа;
- применять основные закономерности пробоотбора и пробоподготовки на практике.

владеТЬ:

- методами валидации методик химического анализа;
- методами пробоотбора и пробоподготовки объектов анализа

Структура учебной дисциплины

Дисциплина изучается в 5 семестре. Всего на изучение учебной дисциплины «Метрология, пробоотбор и пробоподготовка в химическом анализе» отведено 102 часа, в том числе 50 аудиторных часов, общая трудоемкость 3 зачетные единицы.

Распределение трудоемкости следующее:

лекции – 26 часов, практические занятия – 10 часов, семинарские занятия -10 часов, уср – 4 часа.

Форма текущей аттестации – зачет.

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

ВВЕДЕНИЕ

Наука «Химическая метрология, пробоотбор и пробоподготовка». Историческая справка. Предмет, цели, задачи, методы науки. Современное состояние науки. Математический аппарат. Применение вычислительной техники.

1. ХИМИЧЕСКАЯ МЕТРОЛОГИЯ

Специфика химического анализа как метрологической процедуры.

Классификация погрешностей. Погрешности абсолютные и относительные, постоянные и пропорциональные. Погрешности единичного измерения, среднего, метода. Генерализованная погрешность. Погрешности прямые и косвенные. Погрешности систематические, случайные, промахи.

Основные этапы анализа и источники погрешностей в химическом анализе. Их классификация. Отбор представительной средней пробы, перевод в удобно анализируемую форму, разделение компонентов пробы на группы, перевод определяемого компонента в аналитически активную форму, конечное определение, оценка содержания по градуировочному графику.

Абсолютные и относительные погрешности. Различные типы связи между измеряемой величиной и ее погрешностью, пути минимизации погрешностей.

Систематические погрешности 1, 2, 3 типа. Методы минимизации систематических погрешностей. Постоянная и пропорциональная систематические погрешности. Методы их определения и расчеты численных значений. Погрешности инструментальные (приемы минимизации инструментальных погрешностей – рандомизация и релятивизация), реактивные (классы чистоты реактивов, расчет погрешностей), методические, индикаторные, интерпретации. Оценка правильности методик химического анализа. Методы стандартных образцов, добавок и удвоения навесок, метод сравнения со стандартной методикой. Стандартные образцы. Их значение, способы получения, работа со стандартными образцами. Порядок аккредитации и аттестации испытательных и измерительных лабораторий. Система сертификации в Республике Беларусь.

Случайные погрешности химического анализа. Результат химического анализа как случайная величина. Основные характеристики случайной величины. Математическое ожидание, дисперсия, стандартное отклонение, относительное стандартное отклонение случайной величины. Закон нормального распределения случайных величин. Основные принципы, лежащие в основе закона нормального распределения, и их значение для

обработки результатов химического анализа. Проверка нормальности распределения случайных величин. Критерии согласия. Воспроизводимость результатов химического анализа, методы её определения и количественная оценка. Применение критериев Фишера, Бартлетта, Кохрана.

Статистика малых выборок Стьюдента. Оценка математического ожидания и доверительного интервала.

Планирование химического эксперимента. Расчет числа параллельных исследований.

Промахи. Исключение сомнительных результатов.

Методы дисперсионного анализа и их применение к оценке результатов химического анализа. Обнаружение факторов, влияющих на результаты анализа.

Методы корреляционного анализа в приложении к обработке результатов химического анализа. Линейная корреляция. Свойства коэффициента корреляции. Расчет численных значений коэффициента корреляции.

Статистическая оценка предела обнаружения.

Методы сглаживания результатов анализа. Метод наименьших квадратов и другие методы сглаживания результатов химического анализа. Линеаризация зависимостей. Отклонение от линейности. Обработка данных в области малых концентраций. Оценка чувствительности.

Теория ошибок в приложении к обработке результатов химического анализа. Распространение ошибок на вычисления. Операции сложения, вычитания систематических и случайных ошибок. Систематические и случайные ошибки произведения и частного.

2. ПРОБООТБОР

Общие закономерности пробоотбора. Общие принципы и законы пробоотбора. Проба генеральная, лабораторная, аналитическая. Способы отбора проб генеральной, лабораторной, аналитической. Особенности отбора проб сыпучих материалов. Отбор проб в стационарной и подвижной фазах. Особенности отбора проб почв, илов. Приборы и приспособления для отбора проб почв и илов. Отбор проб растений. Особенности отбора проб пищевых продуктов. Отбор проб животных тканей. Составление протокола на месте отбора проб. Емкости для отбора и хранения проб.

Отбор проб воды. Общие принципы. Виды отбора проб воды. Методы отбора проб воды. Консервирование проб. Сосуды и приспособления для отбора и хранения проб. Взятие воды из различных источников: сети водопроводных кранов, рек, родников, колодцев и др. Отбор проб воды питьевой, сточной, дождевой; снега, льда.

Отбор проб воздуха. Общие принципы пробоотбора воздуха. Методы пробоотбора воздуха. Приборы и приспособления для отбора проб воздуха.

3. ПРОБОПОДГОТОВКА

Техника разложения проб. Способы разложения проб. Особенности разложения проб ультрамалых количеств веществ. Растворение без химических реакций, физические методы разложения, методы разложения окислением, методы разложения восстановлением. Источники погрешностей при разложении проб и методы их минимизации.

Химическая посуда, изготовленная из различных материалов. Стекло, фарфор, кварц, металлы, графит, стеклоуглерод. Пластмассы как материал для изготовления химической посуды. Свойства сосудов, изготовленных из различных материалов.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Дневная форма получения образования

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов				Форма контроля знаний
		Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Аудиторный контроль УСР	
1	2	3	4	5	6	7
	Введение					
1	Раздел 1. Химическая метрология					
1.1	Специфика химического анализа как метрологической процедуры.	0,5		0,5		устный ответы, тест
1.2	Основные этапы анализа и источники погрешностей в химическом анализе	1		0,5		собеседование, устные ответы
1.3	Систематические погрешности	2		2	0,8	устные ответы, контрольная работа, коллоквиум, тест
1.4	Случайные погрешности химического анализа	2		2	0,9	устные ответы, контрольная работа, коллоквиум, тест
1.5	Статистика малых выборок Стьюдента	1	1,5		0,2	устные ответы, контрольная работа, тест
1.6	Планирование химического эксперимента	1	1		0,2	устные ответы, контрольная работа, тест
1.7	Исключение сомнительных результатов.	1	1		0,2	устные ответы, контрольная работа
1.8	Методы дисперсионного анализа и их применение к оценке результатов химического анализа	2	2		0,2	устные ответы, контрольная работа

1.9	Методы корреляционного анализа в приложении к обработке результатов анализа	1	1		0,5	устные ответы, контрольная работа
1.10	Статистическая оценка предела обнаружения	2,5	1		0,5	устные ответы, контрольная работа
1.11	Методы сглаживания результатов анализа	1	1		0,2	устные ответы, контрольная работа
1.12	Теория ошибок в приложении к обработке результатов химического анализа	1	1,5		0,3	устные ответы, контрольная работа
2	Раздел 2. Пробоотбор					
2.1	Общие закономерности пробоотбора. Особенности отбора проб сыпучих материалов, почв, илов, продуктов питания	2		1		устные ответы, коллоквиум
2.2	Отбор проб воды	2		1		устные ответы
2.3	Отбор проб воздуха	2		1		устные ответы
3	Раздел 3. Пробоподготовка					
3.1	Техника и способы разложения проб	1		1		устные ответы
3.2	Химическая посуда, изготовленная из различных материалов	3		1		устные ответы

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Перечень основной литературы Общая рекомендация к перечню основной литературы

1. Дворкин, В. И. Метрология и обеспечение качества химического анализа : монография / В. И. Дворкин. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Техносфера, 2019. — 318 с. — ISBN 978-5-94836-564-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/175540>
2. Другов Ю.С., Родин Ю.С., Бином А. А. Пробоподготовка в экологическом анализе. - М.: Мир, 2009. - 855 с.
3. Карпов, Юрий Александрович. Методы пробоотбора и пробоподготовки / Ю. А. Карпов, А. П. Савостин. - Москва : Бином. Лаборатория знаний, 2015. - 243 с.
4. Эрастов, В. Е. Метрология, стандартизация и сертификация : учебное пособие / В.Е. Эрастов. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : ИНФРА-М, 2023. — 196 с. — (Высшее образование: Бакалавриат). — DOI 10.12737/23696. - ISBN 978-5-16-012324-0. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1983263> (дата обращения: 03.10.2023).

Перечень дополнительной литературы

1. Бок Р. Методы разложения в аналитической химии. - М.:«Химия»,1984.- 427с.
2. Гармаш А.В., Сорокина М.Н. Метрологические основы аналитической химии. М.:издание 3 исправленное, дополненное. 2012. - 47с.
3. Государственная система обеспечения единства измерений. Внутренний контроль качества результатов количественного химического анализа. – Екатеринбург: Уральский НИИ метрологии, 2016. - 110с.
4. Доерфель К. Статистика в аналитической химии. - М.:Мир, 1994.- 268 с.
5. Калмановский В.И. Метрология для химиков. Учебное пособие. - Нижний Новгород: Изд. Ю. А. Николаев, 2007. - 132 с.
6. Метрологическая прослеживаемость в химических измерениях / под ред. В. Б. Барановской, И. В. Болдырева. - Москва : Техносфера, 2022. - 105 с.
7. Постановление СМ РБ №1371 от 30.05.2007г. «Об утверждении Положения о порядке осуществления государственного надзора за соблюдением требований технических регламентов и Положения о порядке осуществления государственного метрологического надзора».

8. Характеристика погрешности результатов количественного химического анализа. Алгоритмы оценивания. - Екатеринбург: Уральский НИИ метрологии, 1995. - 44с.
9. Холин Ю. В., Никитина Н. А., Пантелеимонов А. В., Решетняк Е. А., Бугаевский А. А., Логинова Л. П. Метрологические характеристики методик обнаружения с бинарным откликом. — Х.: Тимченко, 2008. — 128 с.
10. Чарыков А.К. Математическая обработка результатов химического анализа. - Л.: «Химия», 1984. -169 с.
11. Шараф, Мухаммад А. **Хемометрика** / М. А. Шараф, Д. Л. Иллмэн, Б. Р. Ковальски ; пер. с англ. А. Н. Мариничева, А. К. Чарыкова ; под ред. И. А. Ибрагимова, А. К. Чарыкова. - Ленинград : Химия, Ленинградское отд-ние, 1989. - 272 с.

Перечень рекомендуемых средств диагностики и методика формирования итоговой отметки

Учебными планами по специальностям 1-31 05 01 Химия (по направлениям), 1-31 05 01-01 Химия (научно-производственная деятельность) изучение учебной дисциплины «Метрология, пробоотбор и пробоподготовка в химическом анализе» предусмотрено в 5 семестре и в качестве формы итогового контроля по учебной дисциплине рекомендован зачет.

Для текущего оценки достижений и контроля качества усвоения знаний студентами используется следующий диагностический инструментарий:

- устный опрос;
- письменные тестовые задания;
- письменные контрольные работы по отдельным темам и учебной дисциплине в целом;
- проведение коллоквиума;
- собеседование по отдельным темам.

При формировании итоговой отметки используется рейтинговая система оценка знаний студента, дающая возможность проследить и оценить динамику процесса достижения целей обучения.

Составляющие рейтинговой отметки:

- плановые контрольные работы, завершающие темы – 30 баллов за одну работу;
- обобщающая контрольная работа по пройденному материалу в семестре – 30 баллов;
- тесты – по 15 баллов по теме;
- активное участие в практических занятиях – от 1 до 5 баллов по теме;
- коллоквиум – 30 баллов по теме.

Примерные весовые коэффициенты, определяющие вклад текущего контроля знаний и текущей аттестации в итоговую отметку:

Формирование отметки за текущую успеваемость:

- ответы на практических занятиях – 25 %;
- выполнение контрольных работ, коллоквиумы – 50 %;
- выполнение теста – 25 %.

Максимальная рейтинговая отметка в баллах за семестр переводится в 10-балльную оценку. Итоговой формой аттестации является зачет.

Примерный перечень заданий для управляемой самостоятельной работы студентов

Раздел 1. Химическая метрология (4 часа).

Абсолютные и относительные погрешности.

Систематические погрешности 1, 2, 3 типа. Методы минимизации систематических погрешностей. Методы их определения и расчеты численных значений. Оценка правильности методик химического анализа. Методы стандартных образцов, добавок и удвоения навесок, метод сравнения со стандартной методикой.

Случайные погрешности химического анализа. Основные характеристики случайной величины. Математическое ожидание, дисперсия, стандартное отклонение, относительное стандартное отклонение случайной величины. Закон нормального распределения случайных величин. Основные принципы, лежащие в основе закона нормального распределения, и их значение для обработки результатов химического анализа. Проверка нормальности распределения случайных величин. Критерии согласия. Воспроизводимость результатов химического анализа, методы её определения и количественная оценка. Применение критериев Фишера, Бартлетта, Кохрана.

Статистика малых выборок Стьюдента. Оценка математического ожидания и доверительного интервала.

Планирование химического эксперимента. Расчет числа параллельных исследований.

Промахи. Исключение сомнительных результатов.

Методы дисперсионного анализа и их применение к оценке результатов химического анализа. Обнаружение факторов, влияющих на результаты анализа.

Методы корреляционного анализа в приложении к обработке результатов химического анализа. Линейная корреляция. Свойства коэффициента корреляции. Расчет численных значений коэффициента корреляции.

Статистическая оценка предела обнаружения.

Методы сглаживания результатов анализа. Метод наименьших квадратов и другие методы сглаживания результатов химического анализа. Линеаризация зависимостей. Отклонение от линейности. Обработка данных в области малых концентраций. Оценка чувствительности.

Тематика практических занятий соответствует основным темам и разделам учебного курса.

Пример содержания практических занятий

Раздел 1. Химическая метрология

1. Предполагают, что в титановой руде содержание TiO_2 составляет 90%. Сколько проб следует взять, чтобы получить результат с доверительной вероятностью 0,95, при условии, что доверительный интервал должен быть равен 5%, а стандартное отклонение - 5,5%. ($t_{\infty}^{0,95} = 1,96$)?

2. Группа студентов получила задание: провести анализ гравиметрическим методом образца, который содержит железо, в результате были получены следующие значения (г): 0,1184; 0,1153; 0,1183; 0,1584; 0,0521; 0,1211; 0,1194; 0,1115. Следует ли исключить сомнительные результаты на уровне значимости 0,05.

3. Для характеристики содержания MgO в глинах месторождения Поставского района было проведено девять параллельных измерений, получены следующие результаты: 5,80; 5,12; 5,36; 5,49; 4,89; 4,72; 4,97; 5,29; 5,03. Определите интервал математического ожидания и дисперсии содержания оксида магния в месторождении с надежностью 0,95.

4. Для установления Со в образце анализ был проведен двумя независимыми методами, получены результаты (%):

I.- 56,7 56,0 56,4 55,3 56,3 56,8 56,5 57,1 56,2

II.- 56,7 57,0 56,8 56,5 56,0 56,9 57,2 55,4 57,1 56,9

Можно ли объединить результаты этих двух выборок для совместной статистической обработки?

5. Проводилось определение жесткости воды различными методами: титрованием ЭДТА в присутствии эриохрома черного Т (I), титрованием ЭДТА в присутствии кислотного хрома темно-синего (II), потенциометрическим титрованием (III). Получены результаты (мг/л):

I 2,08 2,15 1,97 2,04 1,93

II 1,91 1,86 1,97 2,01 2,03

III 2,04 2,00 1,96 1,95 1,91т 1,84 1,87

Можно ли говорить об однородности результатов трех проведенных анализов одного объекта? Рассчитайте выборочные дисперсии, величину средневзвешенной дисперсии».

6. Проводилось определение меди экстракционно-фотометрическим методом при помощи диэтилдитиокарбамата натрия (I) и экстракционным роданидпиридиновым методом (II), получены результаты (%):

I 8,43 8,37 8,39 8,40 8,45 8,47 8,38 8,40 8,41

II 8,37 8,40 8,35 8,33 8,39 8,41 8,37 8,34 8,37

Можно ли объединить данные результаты в одну выборку?

7. В цветном сплаве определяли содержание меди и цинка. При полярографировании получены следующие результаты (% *10⁻¹):

Cu - 1,54 1,68 1,73 1,81 1,69

Zn - 4,12 4,49 4,32 4,33 4,27

Оцените правильность данного метода анализа и меру статистической ошибки, если: паспортное содержание меди и цинка в данном сплаве 0,19 % и 0,5 % соответственно?

8. При анализе образца стали никель выделили в виде диметилглиоксимата, вычислили массу никеля в навеске стали (I), затем проанализировали удвоенную пробу и пробу с добавкой 0,006 г Ni. Результаты (II) и (III) соответственно (г):

I - 0,0534 0,0523 0,0507 0,518

II - 0,1051 0,1040 0,1052 0,1069

III - 0,0576 0,0565 0,0568 0,0578

Оцените правильность данной методики количественного анализа, определите постоянную и пропорциональную ошибки, меру значимости различий.

9. При определении влажности минеральных удобрений гравиметрическим методом получены следующие результаты (%): 3,2; 3,5; 3,1; 3,4; 3,3; 3,1. Было проведено определение гигроскопической воды по динамическому хроматографическому методу (стандартная методика). Получены результаты (%): 3,7; 3,8; 3,9; 3,8; 3,7; 4,0. Оцените равноправильность этих методик.

10. При определении ДДТ в речной воде были получены следующие данные (м*10⁻⁷): 5,2; 5,1; 5,3; 5,2; 5,1. При анализе речной воды, заведомо не содержащей ДДТ, получены следующие данные (м*10⁻⁷): 3,3; 3,1; 3,2; 3,2; 3,1. Можно ли считать, что сигнал аналита отличен от сигнала фона?

11. Получите уравнение зависимости растворимости NH₃ в воде от температуры по методу наименьших квадратов, исходя из следующих данных:

t°C	1	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
-----	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	-----

г/100г	89	68	52	40	31	23	16	11	6	3	0,1
--------	----	----	----	----	----	----	----	----	---	---	-----

воды

Какой объем NH₃ необходимо взять для приготовления насыщенного при 45°C раствора?

Описание инновационных подходов и методов к преподаванию учебной дисциплины (эвристический, проективный, практико-ориентированный)

Преподавание учебной дисциплины «Метрология, пробоотбор и пробоподготовка в химическом анализе» предусматривает проведение лекций, практических занятий, которые должны быть обеспечены методическими пособиями, техническими средствами обучения. На лекциях освещаются теоретические вопросы учебной дисциплины. На практических занятиях теоретические вопросы подтверждаются решением расчетных задач и упражнений. Самостоятельная работа вне аудитории предполагает работу с учебной литературой, выполнение домашних заданий.

Организация учебного процесса по дисциплине «Метрология, пробоотбор и пробоподготовка в химическом анализе» предусматривает использованием ряда **инновационных подходов и методов: обучающего-исследовательского, эвристического, практико-ориентированного, развития критического мышления, метода анализа конкретных ситуаций (кейс-метод)**.

Учебный процесс, организованный на основе **обучающего-исследовательского принципа**, призван формировать у студентов исследовательские умения, аналитический характер мышления, творческий подход к решению разнообразных задач, умение работать в коллективе в процессе изучения программного материала.

При проведении практических занятий студенты обеспечиваются не просто планом занятия, а перечнем вопросов и упражнений, либо творческими проблемными заданиями, которые и станут предметом обсуждения. Желательно использовать проблемные ситуации не на низком, рецептивном уровне, когда преподаватель сам формулирует и разрешает проблему, а на более высоких – репродуктивно-продуктивном и **эвристическом** уровнях. Разработка плана анализа, выбор способа пробоподготовки, выполнение качественного анализа, выбор метода количественного анализа и его выполнение требует от студента не только применения полученных навыков и знаний, но также проведения научного поиска.

При выполнении заданий на практических занятиях осуществляется творческая самореализация обучающихся в процессе создания образовательных продуктов, студенты имеют возможность проявить и усовершенствовать аналитические и оценочные навыки и находить наиболее рациональное решение поставленной проблемы. В итоге обучающийся получает не только определенные знания, но и навыки профессиональной деятельности (**практико-ориентированный подход**), а конечный результат обучения направлен преимущественно не на овладение готовым знанием, а на его выработку. Одновременно развиваются навыки **критического**

мышления, связанные с пониманием научной информации и способами ее трансформации.

Методические рекомендации по организации самостоятельной работы обучающихся

При организации самостоятельной работы студентов по учебной дисциплине «Метрология, пробоотбор и пробоподготовка в химическом анализе» наряду с традиционными источниками информации (учебники и учебные пособия) используются и современные информационные ресурсы. На образовательном портале educhem.bsu размещены учебно-программные материалы, задания для самостоятельной подготовки к практическим занятиям, список рекомендуемой литературы. При выполнении ряда заданий требуется также осуществлять поиск и критический анализ учебной информации на химических сайтах в сети Интернет.

Задания УСР по учебной дисциплине составляются с учетом индивидуальной подготовки студентов и могут быть представлены на разном уровне: от заданий, формирующих достаточные знания по изученному учебному материалу на уровне узнавания, к заданиям, формирующими компетенции на уровне воспроизведения, и далее к заданиям, формирующими компетенции на уровне применения полученных знаний. При этом сохраняется требование к освоению необходимого и достаточного объема учебного материала при освоении курса.

Примерный перечень вопросов к зачету

1. Химическая метрология как наука. История развития химической метрологии. Предмет метрологии.
2. Разделы химической метрологии: теоретическая, прикладная, законодательная.
3. Аксиомы. Термины и определения метрологии.
4. Специфика химического анализа как метрологической процедуры.
5. Классификация погрешностей химического анализа
6. Источники погрешностей в химическом анализе
7. Постоянная и пропорциональная систематические погрешности
8. Абсолютные и относительные погрешности
9. Систематические и случайные погрешности, промахи.
10. Систематические погрешности I, II, III типов, пути их уменьшения.
11. Результаты химического анализа как случайная величина.
12. Математическое ожидание и дисперсия случайной величины, их роль в химическом анализе.

13. Закон нормального распределения случайных величин. Основные принципы, лежащие в его основе.
14. Методы проверки нормальности распределения случайных величин.
15. Планирование химического эксперимента и фильтрация данных.
16. Воспроизводимость результатов химического анализа и методы ее определения.
17. Оценка правильности методик химического анализа.
18. Проверка правильности методик химического анализа методом добавок и удвоения навесок
19. Проверка правильности методики методом стандартных образцов.
20. Стандартные образцы, эталоны, чистые вещества.
21. Проверка правильности методик химического анализа методом сравнения со стандартной методикой.
22. Основы корреляционного анализа. Коэффициент корреляции.
23. Метод наименьших квадратов в приложении к обработке результатов химического анализа.
24. Методы сглаживания результатов химического анализа.
25. Статистическая оценка предела обнаружения
26. Общие принципы пробоотбора.
27. Общие закономерности отбора проб воздуха
28. Методы пробоотбора воздуха.
29. Принципы отбора проб воды
30. Приборы и приспособления для отбора проб воды.
31. Консервирование проб.
32. Селекция и концентрирование при пробоотборе.
33. Отбор проб почв и илов
34. Отбор проб пищевых продуктов
35. Характеристика материалов для изготовления химической посуды.
36. Характеристика методов разложения проб.
37. Источники погрешностей при разложении веществ и методы их устранения.
38. Техника разложения проб.
39. Физические методы разложения проб.
40. Разложение проб с участием химических реакций (без изменения степени окисления).
41. Методы разложения проб окислением
42. Методы разложения проб восстановлением.

**ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ К УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЕ
ПО ИЗУЧАЕМОЙ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ**
на 2024/2025 учебный год

№ п/п	Дополнения и изменения	Основание
1.	<p>Учебная программа по учебной дисциплине «Метрология, пробоотбор и пробоподготовка в химическом анализе» №УД-12580/уч от 30.06.2023 соответствует учебному плану БГУ №Г-31-1-231/уч от 22.03.2022</p> <p>Срок действия учебной программы определяется сроком действия образовательных стандартов и учебных планов БГУ</p>	<p>Решение Научно-методического совета БГУ от 27 мая 2022 г протокол №5</p>

Учебная программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры аналитической химии (протокол № 23 от 27.06.2024 г.)

Заведующий кафедрой
доктор химических наук, доцент



М.Ф.Заяц

УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета
кандидат химических наук, доцент



А.В.Зураев

ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ К УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЕ УО
на 2025/2026 учебный год

№ п/п	Дополнения и изменения	Основание
	Дополнения и изменения к учебной программе не требуются	протокол заседания кафедры № 18 от 19.06 2025 г.

Учебная программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры аналитической химии (протокол № 18 от 19.06 2025 г.)

Заведующий кафедрой



М.Ф.Заяц

УТВЕРЖДАЮ
Декан факультета



А.В.Зураев