



**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«ИРКУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ФГБОУ ВО «ИГУ»

Кафедра аналитической химии



УТВЕРЖДАЮ

Декан

Вильмс А.И.

15.04. 2025г.

Рабочая программа дисциплины
Наименование дисциплины Б1.В.02
Математическая теория эксперимента

Направленность подготовки **04.03.01 – «Химия»**

Квалификация выпускника - бакалавр

Форма обучения очная

Согласовано с УМК химического
факультета
Протокол №4 от 15.04.2025г.
Председатель

А.И. Вильмс

Рекомендовано кафедрой
аналитической химии,
Протокол № 4 от 10.03.2025 г.
Зав. кафедрой,
А.И. Вильмс

Иркутск 2025 г.

Содержание

	стр.
1. Цели и задачи дисциплины	3
2. Место дисциплины в структуре ОПОП.	3
3. Требования к результатам освоения дисциплины (модуля)	3
4. Содержание и структура дисциплины (модуля)	5
4.1 Содержание дисциплины, структурированное по темам, с указанием видов учебных занятий и отведенного на них количества академических часов	5
4.2 План внеаудиторной самостоятельной работы обучающихся по дисциплине	8
4.3 Содержание учебного материала	12
4.3.1. Перечень семинарских, практических занятий и лабораторных работ	13
4.3.2. Перечень вопросов, выносимых на самостоятельное изучение самостоятельной работы студентов	15
4.4. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов	16
5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины:	16
6. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)	16
7. Образовательные технологии	16
8. Оценочные материалы для текущего контроля и промежуточной аттестации	18
9. Примеры контрольных работ	18
10. Критерии оценивания результатов обучения	21

I. Цели и задачи дисциплины:

Цель: получение знаний и практических навыков по планированию эксперимента, способах математической обработки, свертыванию данных и представлению результатов химического анализа.

Для решения поставленной цели требуется, выделены следующие задачи:

- обучающийся должен приобрести необходимые навыки использования компьютерной технологии для систематизации результатов эксперимента;
- в результате освоения курса у студента должно сложиться целостное представление об основных математических понятиях и методах планирования эксперимента;
- обучающийся должен владеть приемами оценки погрешностей измерения и основами обработки полученных результатов;
- сформировать понимание о месте математической теории эксперимента при решении исследовательских и технических вопросов химических дисциплин.

II. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

2.1. Учебная дисциплина - «Математическая теория эксперимента» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений по направлению 04.03.01 Химия.

2.2. Для изучения данной учебной дисциплины (модуля) необходимы знания, умения и навыки, формируемые предшествующими дисциплинами:

№ п/п	Код дисциплины	Наименование предшествующих дисциплин
1.	Б1.0.18	Аналитическая химия
2.	Б1.О.10	Математика
3.	Б1.0.23	Информатика и вычислительная техника
4.	Б1.О.12	Дополнительные главы математики
5.	Б1.О.22	Информатика

2.3. Освоение дисциплины «Математическая теория эксперимента» является необходимой для последующего изучения дисциплин «Физическая химия», «Химическая технология», «Анализ сложных объектов», «Методы разделения и концентрирования», «Физико-химические методы анализа», «ВЭЖХ» при выполнении квалификационных работ и написании тезисов и статей на разных уровнях.

III. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Процесс освоения дисциплины направлен на формирование компетенций (элементов следующих компетенций) в соответствии с ФГОС ВО и ОП ВО по данному направлению 04.03.01 Химия.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Компетенция	Индикаторы компетенций	Результаты обучения
ПК-5. Способен осуществлять контроль качества сырья, компонентов и	ИДК ПК-5.3. Способен оценить погрешности измеряемых характеристик	Знать: теоретические и фундаментальные основы математической теории эксперимента, существо основ метрологии, используемых в планировании эксперимента и математической обработки полученных данных.

выпускаемой продукции химического назначения	веществ и материалов, источники ошибок при использовании выбранного метода	Уметь: сворачивать большой цифровой массив данных и представлять их в виде таблиц и графиков. Владеть: навыками оценки обработки информации с различными распределениями.
ПК-6. Способен применять основные естественнонаучные законы и закономерности развития химической науки при анализе полученных результатов	ИДК ПК-6.2. Использует компьютерные технологии для систематизации результатов эксперимента.	Знать: основные термины, определения и классификации погрешностей измерения. Уметь: оценивать генеральные параметры различных выборок. Рассчитывать необходимые математические параметры (СКО, стандартное отклонение, коэффициент вариации и др.) Владеть: навыками расчета данных с использованием различных критериев (Стьюдента, Фишера, Пуссона, t-распределения) и представления результатов собственных научных изысканий в компьютерных сетях и информационной научно-образовательной среде

IV. СОДЕРЖАНИЕ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетные единицы, 144 час.

Из них 36 час. практическая подготовка.

Форма промежуточной аттестации: экзамен

4.1 Содержание дисциплины, структурированное по темам, с указанием видов учебных занятий и отведенного на них количества академических часов

№ п/п	Раздел дисциплины/тема	Семестр	Всего часов	Из них практическая подготовка обучающихся	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу обучающихся , практическую подготовку и трудоемкость (в часах)				Форма текущего контроля успеваемости/ Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
					Контактная работа преподавателя с обучающимися			Самостоятельная работа	
					Лекция	Семинар/ Практическое, лабораторное занятие/	Консультация		
1	Введение в математическую теорию эксперимента	4	1,5	0,5	0,5	1,0	2,0	0	Контрольная работа
2	Термины и определения математической теории эксперимента		1,5	0	1,5	0		2,0	Устная беседа
3	Классификация погрешностей измерения		1,5	0,5	1,0	0,5		1,0	Контрольная работа
4	Выбор уровня значимости при проверки статистических гипотез		1,5	1,0	1,0	0,5		1,0	Контрольная работа
5	Оценивание генеральных параметров и свертывание цифровой информации		1,5	1,0	1,0	0,5		1,0	Практическая работа
6	Распределения случайных величин		1,5	1,0	0,5	1,0		1,0	Контрольная работа
7	Распределение Пуассона, Стьюдента, Фишера; χ^2 -		3	1,0	1,0	1,0		1,0	Контрольная работа

	распределение и г - критерий							
8	Доверительная вероятность		3	1,0	1,0	1,0	1,0	Контроль ная работа
9	Односторонние и двусторонние статистические критерии		1,5	1,0	1,0	0,5	1,0	Контроль ная работа
10	Значащие цифры при проведении расчетов и представлении результатов		1,5	1,0	1,0	0,5	1,0	Контроль ная работа
11	Методы исключения выбросов: сигма и г-критерий, критерий Граббса		6,0	1,0	1,0	2,0	1,0	Контроль ная работа
12	Сравнение двух дисперсий		6,0	2,0	1,0	2,0	1,0	Контроль ная работа
13	Оценка доверительного интервала среднего результата		1,5	1,0	1,0	0,5	1,0	Контроль ная работа
14	Сравнение двух средних результатов(равноточных и неравноточных)		1,5	1,0	1,0	1,0	1,0	Контроль ная работа
15	Сравнение среднего результата с известным, принятым или опорным значением		3	1,0	1,0	1,0	1,0	Контроль ная работа
16	Разработка методик КХА.		3	1,0	1,0	1,0	1,0	Контроль ная работа
17	Количественные характеристики способности методики КХА определять малые содержания аналита		3	1,0	1,0	1,0	1,0	Контроль ная работа
18	Сложение погрешностей и разложение их на составляющие: закон сложения и накопления погрешностей, его геометрическая интерпретация		3	1,0	1,0	1,0	1,0	Контроль ная работа
19	Использование дисперсионного анализа погрешности результата в методических исследованиях		6,0	2,0	2,0	2,0	1,0	Контроль ная работа
20	Однофакторный дисперсионный анализ		9,0	2,0	2,0	3,0	1,0	Контроль ная работа
21	Корреляционный анализ		6,0	2,0	2,0	2,0	1,0	Контроль ная работа
22	Проверка гипотезы линейности		6,0	2,0	2,0	2,0	1,0	Контроль ная работа
23	Алгоритм определения оценок случайной составляющей		6,0	2,0	2,0	2,0	1,0	Контроль ная

	погрешностей результатов анализа.								работа
24	Внедрение методик		6,0	2,0	2,0	1,0		4,0	Контроль ная работа
25	Контрольные карты Шухарта		6,0	2,0	2,0	1,0		4,0	Контроль ная работа
26	Этапы разработки стандартных образцов и подготовки технической документации к их метрологической аттестации		6,0	1,0	1,0	1,0		4,0	Контроль ная работа
27	Планирование эксперимента		12,0	1,0	2,0	2,5		6,0	Контроль ная работа
28	Порядок проведения внутреннего контроля качества результатов исследований и измерений		12,0	1,0	1,0	1,0		6,0	Контроль ная работа
29	Система менеджмента качества		12,0	1,0	1,0	1,0		5,0	Контроль ная работа
30	Утверждение критериев качества на соответствие аккредитованным лабораториям		12,0	1,0	1,0	1,0		6,0	Контроль ная работа
	всего		92	17	18	18	0	39	

4.2 План внеаудиторной самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Семестр 4	Название раздела, темы	Самостоятельная работа обучающихся			Оценочное средство	Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы
		Вид самостоятельной работы	Задание	Затраты времени (час.)		
	Элементы теории вероятностей	Подготовка к практическим занятиям по теме «Определение генеральных параметров закона распределения случайных величин. Проверка однородности дисперсий»	Решение задач по теме.	8	См. вопросы и задания 1-6	См. список лит-ры №1 -3; доп. №1,2
	Статистическое оценивание результатов измерений	Подготовка к практическим занятиям по теме «Проверка качества результатов измерений. Оценивание доверительного интервала результата измерения и доверительного интервала дисперсии»	Решение задач по теме.	6	См. вопросы и задания 7-15	См. список лит-ры № 2, 3; доп. №1,2
	Статистическое оценивание результатов измерений	Подготовка к практическим занятиям по теме «Сравнение равноточных и неравноточных результатов измерений. Определение оценок прецизионности по результатам текущих измерений»; «Статистика линейных связей: оценка корреляции двух случайных величин; определение коэффициентов регрессии уравнения прямой и их доверительных интервалов»	Решение задач по теме.	6	См. вопросы и задания 16-29	См. список лит-ры №1 -3; доп. №1,2

Семестр 4	Название раздела, темы	Самостоятельная работа обучающихся			Оценочное средство	Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы
		Вид самостоятельной работы	Задание	Затраты времени (час.)		
	Особенности метрологии в аналитической химии	Подготовка к практическим занятиям по теме «Оценка правильности результатов измерений». Подготовка к практическим занятиям по теме «Оценка чувствительности измерений: предел обнаружения, предел определения»	Решение задач по теме.	12	См. вопросы и задания 22-29	См. список лит-ры №1 -3; доп. №1,2
	Математическое планирование эксперимента	Подготовка к практическим занятиям по теме «Оценка адекватности математической модели: определение коэффициентов; оценивание воспроизводимости измерения параметра оптимизации (отклика); оценка значимости коэффициентов»	Решение задач по теме.	14	См. вопросы и задания 30-44	См. список лит-ры №1 -3; доп. №1,2
Общий объем самостоятельной работы по дисциплине (46 часов)						

Вопросы и задания:

1. Основные теоремы теории вероятностей. Условная вероятность.
2. Формула полной вероятности. Формула Байеса.
3. Схема Бернулли. Формула Бернулли.
4. Теорема Пуассона. Локальная и интегральная теоремы Муавра-Лапласа.
5. Случайные величины. Функция распределения и ее свойства. Плотность вероятностей и ее свойства.
6. Математическое ожидание и его свойства.
7. Дисперсия и его свойства. Среднее квадратическое отклонение. Мода. Медиана. Начальный и центральный моменты.
8. Биномиальное распределение. Распределение Пуассона. Нормальное распределение.
9. Выборочный метод. Генеральная совокупность и выборка. Вариационный ряд. Статистический ряд. Интервальный ряд. Равноточный статистический ряд. Полигон частот. Гистограмма частот. Эмпирическая функция распределения.
10. Значащие цифры при проведении расчетов и представлении результатов эксперимента.
11. Закон сложения погрешностей. Погрешности косвенных измерений.
12. Статистические гипотезы и их проверка. Односторонний и двусторонний критерий.
13. Выбор уровня значимости. Принятие и опровержение гипотезы, примеры их применения.
14. Сравнение двух дисперсий. Однородные дисперсии. Сравнение нескольких дисперсий.
15. Оценка доверительного интервала среднего результата. Оценка допустимого расхождения между результатами измерений.
16. Оценка доверительного интервала выборочной дисперсии.
17. Сравнение двух средних результатов измерений.
18. Сравнение среднего результата с истинным.
19. Проверка гипотезы об однородности результатов измерений. Оценка резко выделяющихся измерений.
20. Понятие метод, способ, методика. Метрологические характеристики методик анализа.
21. Оценка прецизионности методик анализа.
22. Правильность результатов анализа; типы систематических погрешностей.
23. Оценка правильности результатов анализа с помощью стандартных образцов.
24. Оценка правильности результатов анализа методом добавок.

25. Оценка правильности результатов анализа методом их сопоставления с данными методики сравнения.
26. Оценка чувствительности методик анализа: чувствительность, предел обнаружения, предел определения.
27. Дисперсионный анализ. Принцип планирования. Одноступенчатый дисперсионный анализ. Примеры его применения.
28. Статистика прямых линий: коэффициент корреляции и оценка коэффициентов регрессии.
29. Регрессионный анализ. Проверка гипотезы линейности.
30. Принцип математического планирования эксперимента. Задачи, решаемые с помощью математического планирования.
31. Объект исследования, функция отклика. Число опытов при полном факторном эксперименте.
32. Параметр оптимизации и требования, предъявляемые к нему.
33. Факторы и требования, предъявляемые к ним. Выбор математической модели. Полиномиальные модели.
34. Полный факторный эксперимент. Факторы и область их определения. Примеры выбора области определения факторов.
35. Выбор подобласти факторного пространства для проведения эксперимента: выбор нулевого уровня.
36. Выбор интервала варьирования.
37. Матрица планирования полного факторного эксперимента и ее свойства. Построение матрицы планирования многофакторного эксперимента.
38. Полиномиальная модель и определение ее коэффициентов, эффект фактора.
39. Полиномиальная модель. Оценка значимости коэффициентов. Какую информацию несут коэффициенты регрессии?
40. Дробный факторный эксперимент. Основные требования к его постановке.
41. Выбор полуреплик. Генерирующее соотношение и определяющий контраст.
42. Выбор $\frac{1}{4}$ - реплик. Обобщающий определяющий контраст. Правило перевала.
43. Проверка адекватности модели. Оценка воспроизводимости опыта. Оценка дисперсии адекватности.
44. Движение по градиенту. Выбор шага движения по градиенту. Расчет мысленных опытов.

4.3 Содержание учебного материала

Тема 1. Элементы теории вероятностей

Случайная величина, дискретная и непрерывная. Генеральная совокупность. Выборочная совокупность. Параметры генеральной совокупности: математическое ожидание, генеральная дисперсия. Оценки математического ожидания – среднее арифметическое, среднее геометрическое, медиана, мода. Оценка генеральной дисперсии – выборочная дисперсия.

Тема 2. Статистическое оценивание результатов измерений

Проверка качества измерений. Оценка доверительных интервалов выборочных характеристик, сравнение двух дисперсий. Сравнение нескольких дисперсий. Сравнение равнооточных и неравнооточных средних результатов измерений. Сравнение среднего результата с истинным. Оценивание дисперсий по текущим измерениям. Сложение погрешностей и разложение их на составляющие. Закон накопления погрешностей и его следствия. Геометрическая интерпретация закона сложения погрешностей. Погрешности косвенных измерений. Дисперсионный анализ погрешности. Принцип планирования эксперимента по схеме дисперсионного анализа. Однофакторный, двухфакторный, многофакторный дисперсионный анализ.

Статистика линейных связей. Корреляционный анализ. Определение параметров прямой линии. Проверка гипотезы линейности.

Тема 3. Особенности метрологии в аналитической химии

Этапы разработки и аттестации методик выполнения измерений (МВИ) в количественном химическом анализе (КХА). Показатели точности МВИ: прецизионность, правильность. Прецизионность: повторяемость, внутрилабораторная прецизионность, воспроизводимость; их точные и интервальные оценки. Погрешность и неопределенность.

Алгоритм оценивания прецизионности с помощью группы проб контролируемого объекта. Алгоритмы получения оценок систематических составляющих погрешности: с использованием стандартных образцов состава; с использованием методики сравнения; с использованием добавок аналита в разовую пробу. Количественные характеристики способности МВИ определять малые содержания аналита: чувствительность, предел обнаружения, предел определения.

Тема 4. Контроль стабильности метрологических характеристик с помощью контрольных карт

Общие принципы применения контрольных карт. Контрольные карты Шухарта. Контрольные карты кумулятивных сумм. Число контрольных образцов. Организация

внешнего контроля точности. Статистический контроль качества работы аналитических лабораторий

Тема 5. Разработка СО состава и подготовки технической документации к их метрологической аттестации.

Классификация стандартных образцов. Этапы разработки СО. Техническое задание (ТЗ) на разработку СО. Подготовка материала СО. Метрологическая аттестация. Расчёт аттестованного содержания СО и его погрешности. Оценивание характеристики стабильности материала. Разработка технической и нормативной документации на СО. Оформление отчёта о разработке. Создание аттестованных смесей

Тема 6. Математическое планирование эксперимента.

Идея математического планирования эксперимента. Планирование экстремальных экспериментов и получение модели для изучения механизма процесса. Общие понятия и термины. Параметр оптимизации и факторы. Требования к параметру оптимизации и факторам. Установление области определения факторов. Выбор подобласти для постановки эксперимента. Матрица планирования полного факторного эксперимента и ее свойства. Дробный факторный эксперимент: использование полуреплики и $1/4$ реплики. Оценка эффектов смешения. Статистическая обработка результатов опытов. Определение коэффициентов математической модели и оценка их значимости. Оценка адекватной математической модели. Интерпретация модели. Движение по градиенту и расчет мысленных опытов.

4.3.1. Перечень семинарских занятий

п/п	№ раздела и темы дисциплины	Наименование семинаров, практических и лабораторных работ	Трудоемкость (час.)		Оценочные средства	Формируемые компетенции
			Всего часов	Из них практическая подготовка		
1.	Тема1	Определение генеральных параметров закона распределения случайных величин. Проверка однородности дисперсий.	8	2	Устное собеседование	ИДК _{ПК-5,6}
2.	Тема 2	Проверка качества результатов измерений. Оценивание доверительного интервала результата измерения и доверительного интервала дисперсии.	8	2	Устное собеседование. Мини-контрольная работа	ИДК _{ПК-5,6}
3.	Тема 2	Сравнение равноточных и	10	3	Устное	ИДК _{ПК-5,6}

		неравноточных результатов измерений. Определение оценок прецизионности по результатам текущих измерений.			собеседовани е. Мини- контрольная работа	
4.	Тема 2	Статистика линейных связей: оценка корреляции двух случайных величин; определение коэффициентов регрессии уравнения прямой и их доверительных интервалов	16	8	Устный опрос. Контрольная работа	ИДК _{ПК-5,6}
5.	Тема 3	Оценка правильности результатов измерений.	8	5	Устное собеседовани е. Мини- контрольная работа	ИДК _{ПК-5,6}
6.	Тема 3	Оценка чувствительности измерений: предел обнаружения, предел определения	8	5	Устное собеседовани е. Мини- контрольная работа	ИДК _{ПК-5,6}
7.	Тема 4	Оценка метрологических характеристик с использованием различных карт, способы их построения и особенности использования	4	2	Устное собеседовани е. Мини- контрольная работа	ИДК _{ПК-5,6}
8.	Тема 5	Разработка стандартных образцов в лабораторных условиях	4	2	Устное собеседовани е. Мини- контрольная работа	ИДК _{ПК-5,6}
9.	Тема 6	Оценка адекватности математической модели: определение коэффициентов; оценивание воспроизводимости измерения параметра оптимизации (отклика); оценка значимости коэффициентов.	6	2	Устное собеседовани е. Мини- контрольная работа	ИДК _{ПК-5,6}

4.3.2. Перечень вопросов, выносимых на самостоятельное изучение самостоятельной работы студентов

№ пп	Тема	Задание	Формируемая компетенция	ИДК
1	Элементы теории вероятностей	Подготовка к устному опросу и решению задач	ИДК _{ПК5.3} Способен оценить погрешности измеряемых характеристик веществ и материалов, источники ошибок при использовании выбранного метода исследования	ИДК _{ПК-5,6} Знать: теоретические и фундаментальные основы математической теории эксперимента, существо основ метрологии, используемых в планировании эксперимента и математической обработки полученных данных.
2	Статистическое оценивание результатов измерений	Подготовка к устному опросу и решению задач	ИДК _{ПК6.2} Использует компьютерные технологии для систематизации результатов эксперимента	ИДК _{ПК-5,6} Знать: основные термины, определения и классификации погрешностей измерения.
3	Статистическое оценивание результатов измерений	Подготовка к устному опросу и решению задач	ИДК _{ПК5.3} Способен оценить погрешности измеряемых характеристик веществ и материалов, источники ошибок при использовании выбранного метода исследования	ИДК _{ПК-5,6} Уметь: сворачивать большой цифровой массив данных и представлять их в виде таблиц и графиков. Владеть: навыками оценки обработки информации с различными распределениями.
4	Особенности метрологии в аналитической химии	Подготовка к устному опросу и решению задач	ИДК _{ПК6.2} Использует компьютерные технологии для систематизации результатов эксперимента	ИДК _{ПК-5,6} Знать: основные термины, определения и классификации погрешностей измерения. Владеть: навыками расчета данных с использованием различных критерий
5	Математическое планирование эксперимента	Подготовка к устному опросу и решению задач	ИДК _{ПК6.2} Использует компьютерные технологии для систематизации результатов эксперимента	ИДК _{ПК-5,6} Владеть: навыками оценки обработки информации с различными распределениями.

4.4. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов

Самостоятельная работа студентов, связанная с закреплением теоретического материала в виде подготовке к практическим занятиям и текущему контролю проводится во внеаудиторное время. Методические рекомендации по типовым заданиям самостоятельной работы студентов приведены в фонде оценочных средств УМКД.

4.4. Примерная тематика курсовых работ - не предусмотрено

V. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

а) основная литература

1. Смагунова А.Н. Методы математической статистики в аналитической химии. Учеб. пособие для студ. вузов.- Ростов-на-Дону. Изд-во «Феникс», 2012.
2. Смагунова А.Н. Методы математической статистики в аналитической химии./ А.Н Смагунова., О.М Карпукова. – Иркутск: изд-во ИГУ, 2008.
3. Смагунова А.Н., Шмелева Е.И., Швецов В.А. Алгоритмы оперативного и статистического контроля качества работы аналитической лаборатории. Методическое руководство. - Новосибирск: Наука. 2008

б) дополнительная литература

1. Смагунова А.Н. Алгоритмы определения метрологических характеристик методик количественного химического анализа.: Учеб. пособие/ А.Н. Смагунова и др. Иркутск. Изд-во ИГУ. 2006.
2. Смагунова А.Н Организация контроля качества работы аналитической лаборатории. Учебно-методическое пособие./ А.Н. Смагунова и др. Иркутск. Изд-во ИГУ. 2006.



VI. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Учебно-лабораторное оборудование:

Аудитории для проведения лекционных и практических занятий аудитории, оснащенные мультимедийными средствами для проведения аудиторных занятий (ауд. 426 – практические занятия и 5 аудитория для лекционного материала, корпус 6).

VII. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В процессе изучения дисциплины используются как традиционные так и инновационные технологии, активные и интерактивные методы и формы обучения: технология объяснительно-иллюстративного объяснений с элементами проблемного изложения, технология профессионально-ориентированного обучения, лекции, объяснительно-иллюстративный метод с элементами проблемного изложения, контрольные и лабораторные работы, коллоквиумы, разбор конкретных ситуаций.

Наименование тем занятий с указанием форм/ методов/ технологий обучения:

№ п/п	Тема занятия	Вид занятия	Количество часов
1	Математическая теория эксперимента – вводная лекция	Лекция в очном или дистанционном формате (в зависимости от эпидемиологической обстановки в регионе)	2
2	Распределение случайных величин		2
3	Уровень значимости. Доверительная вероятность. Метод исключения выбросов		2
4	Метод исключения выбросов. Рекомендации для выявления выбросов.		4
5	Сравнение двух дисперсий. Оценка доверительного интервала среднего результата		4
6	Оценка доверительного интервала дисперсии и стандартного отклонения. Сравнение двух средних результатов. Сравнение равноточных результатов		2
7	Сравнение среднего результата с известным. Этапы разработки и аттестации МВИ. Количественные характеристики способности методики определять малые содержания аналита.		2
8	Закон накопления погрешностей. Следствия из закона накопления погрешностей. Использование дисперсионного анализа погрешности результата в методических исследованиях. Однофакторный дисперсионный анализ		2
9	СТАТИСТИКА ЛИНЕЙНЫХ СВЯЗЕЙ. Корреляционный анализ.		3
10	АЛГОРИТМЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОЦЕНОК СЛУЧАЙНОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ ПОГРЕШНОСТИ РЕЗУЛЬТАТОВ АНАЛИЗА. Статистическая обработка результатов эксперимента. АЛГОРИТМЫ ПОЛУЧЕНИЯ ОЦЕНОК <u>СИСТЕМАТИЧЕСКОЙ</u> СОСТАВЛЯЮЩЕЙ ПОГРЕШНОСТИ РЕЗУЛЬТАТОВ АНАЛИЗА		2
11	ВНЕДРЕНИЕ МЕТОДИК КОЛИЧЕСТВЕННОГО ХИМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА		5
12	КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА РАБОТЫ В		2

	ЛАБОРАТОРИИ. Оперативный контроль повторяемости (сходимости). Контроль внутрилабораторной прецизионности.		
13	Контроль внутрилабораторной прецизионности. Контроль точности методом добавок. Контроль стабильности метрологических характеристик с помощью контрольных карт		4
36			

VIII. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

Оценочные материалы (ОМ):

11.1. Оценочные материалы для входного контроля - не предусмотрены.

11.2. Назначение оценочных материалов текущего контроля - выявить сформированность составляющих частей компетенций ИДК_{ПК} -5.3 и ИДК_{ПК} 6.2. Формируются в соответствии с ЛНА университета в виде устных опросов и решения задач

Материалы для проведения текущего и промежуточного контроля знаний студентов:

IX. Примеры контрольных работ:

Вариант 1.

1. Если возьмем $\alpha = 0,05$, то в среднем в 5 случаях из 100

2. Выборка – это:

- а) ограниченное число выбранных случайным образом элементов;
- б) ограниченное число элементов, выбранных неслучайно;
- в) большая совокупность элементов, для которой оцениваются характеристики.

3. Конкурирующая гипотеза – это:

- а) гипотеза, противоречащая выдвинутой; б) гипотеза, которая никогда не выполняется;
- в) гипотеза, совпадающая с выдвинутой; г) гипотеза о равенстве нулю генерального среднего.

4. Среднее арифметическое или выборочное среднее можно найти по формуле.

5. Вероятность статистического решения отклонить верную гипотезу называют:

- а) уровень значимости; б) уровень доверия; в) мощность критерия; г) ошибка второго рода.

6. Фигура, составленная из прямоугольников с основаниями, равными интервалам значений признака, и высотами, равными соответствующим плотностям частот:

- а) многоугольник распределения; б) гистограмма; в) полигон.

7. Закон распределения случайной величины является справедливым, если число (n) измерений случайной величины X стремится к бесконечности

8. Среднее арифметическое показывает:

- а) меру разброса относительно среднего, выраженную в квадратных единицах вариант;
- б) меру разброса относительно среднего, выраженную в тех же единицах, что и варианты;

в) симметричность относительно прямой $x = M[X]$; г) среднее значение, вокруг которого группируются варианты;

д) «островершинность» или «плосковершинность» графика функции распределения.

9. Выборочным средним называют:

а) среднее арифметическое значений признака в выборке;

б) квадратный корень от произведения минимального и максимального значений выборки;

в) полусумму минимального и максимального значений выборки;

г) среднее геометрическое значений признака в выборке.

10. При умножении и делении число значащих цифр результата равно наименьшему _____.

Вариант 2

Опишите, к каким разделам относится представленная формула, что можно определить с ее помощью, какие переменные представлены.

$V = \frac{S}{\bar{x}}$	
$F = S_2^2 / S_1^2$	
$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n}$	
$3\sigma = 3 \frac{V \cdot \bar{x}}{100}$	
$r_i = \frac{x_i - \bar{x}}{S \sqrt{(n-1)/n}}$	
$t = \frac{ \bar{x} - \mu \cdot \sqrt{n}}{S}$	
$L_2 = \frac{\sum_{j=1}^m (\sum_{i=1}^n x_{ji})^2}{n}$	
$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \mu)^2}{n}$	
$C_{min} = \frac{k\sigma_{хол}}{(D)_{C \rightarrow 0}}$	

Вариант 3

При выполнении теплоты сгорания метана получены следующие результаты (ккал/моль):

213, 215, 216, 215, 212, 200, 216, 214.

Оцените наличие выбросов в выборке по г – критерию.

Вариант 4

Найти доверительные интервалы уравнения прямой

x_j	y_j
15,1	56,1
12,9	58,8
8,8	60,7
22,3	50,7
29,1	46,9
15,9	51,9

1. Среднее значение x_j и y_j	8. $r_{xy} = \frac{\sum_{j=1}^m (x_j - \bar{x})(y_j - \bar{y})}{\sqrt{\left(\sum_{j=1}^m (x_j - \bar{x})^2\right) \cdot \left(\sum_{j=1}^m (y_j - \bar{y})^2\right)}}$
2. Σx_j и Σy_j	9. $b = \frac{\sum_{j=1}^m [(x_j - \bar{x})(y_j - \bar{y})]}{\sum_{j=1}^m (x_j - \bar{x})^2}$
3. Δx_j и Δy_j	10. $Y = a + bX$
4. Δx_j^2 и Δy_j^2	11. $S_0^2 = \frac{\sum_{j=1}^m (y_j - \bar{y})^2}{m - 2}$
5. $\Sigma(\Delta x_j)^2$ и $\Sigma(\Delta y_j)^2$	12. $S_a^2 = \frac{1}{m} \cdot \frac{S_0^2 \sum_{j=1}^m x_j^2}{\sum_{j=1}^m (x_j - \bar{x})^2}$
6. $\Delta x_j \cdot \Delta y_j$	13. $S_b^2 = \frac{S_0^2}{\sum_{j=1}^m (x_j - \bar{x})^2}$
7. x_j^2 и Σx_j^2	14. $\Delta a = t(\alpha, f = m - 2)S_a,$ $\Delta b = t(\alpha, f = m - 2)S_b$

Х. Критерии оценивания результатов обучения:

1. Необходимо решить задачи по каждой из пройденных тем, которые оцениваются по пятибалльной шкале. Каждая из задач имеет цель нахождения пройденной величины статистической обработки (методы нахождения выбросов по три-сигма критерию, критериям Граббса, Фишера, χ^2 и t критериям; нахождение воспроизводимости, внутрилабораторной прецизионности, правильности и т.д.). В случае правильного нахождения искомой величины студент получает оценку «отлично», если есть незначительные математические ошибки, то выставляется оценка «хорошо». В случае нарушения логики нахождения искомой величины работа оценивается оценкой «неудовлетворительно» или «удовлетворительно», в зависимости от допущенной ошибки расчетов.
2. Выполнить теоретические тесты или пройти устный зачет по рассмотренным темам. Обычно студенты получают теоретическую работу в виде тестов или заданий с пропущенным ответом, необходимым по смыслу словосочетанием или необходимостью раскрыть термин или явление. Количество заданий кратно пяти. Критерии выставления баллов: выполнил 90-100% заданий верно – оценка «отлично», (75-89)% - оценка «хорошо», (55-74)% - оценка «удовлетворительно», ниже 54% - оценка «неудовлетворительно»
3. Проверяется наличие лекций у студентов по всем пройденным темам. В случае наличия 100% лекций по пройденному материалу студент получает 20 баллов, а в случае отсутствия или ненадлежащего состояния этих лекций (неполные, пропущены темы или есть ошибки) этот пункт оценки возвращается на доработку. Итоговый зачет принимается только в случае наличия всего лекционного материала.
4. Дополнительные баллы студенты могут получить за работу на практическом занятии, решения задач у доски.

ПРИМЕРНЫЙ ПЕРЕЧЕНЬ ВОПРОСОВ К ЭКЗАМЕНУ.

1. Математическая теория эксперимента: ее разделы.
2. Теория вероятностей. Основы.
3. Погрешности и их классификации.
4. Оценивание генеральных параметров (среднее значение, дисперсия, СКО, коэффициент вариации и др.) для свертывания цифровой информации .
5. Функция распределения случайных величин (интегральная и дифференциальные зависимости)
6. Законы распределения случайных величин (Пуассона, Стьюдента, Фишера, R-распределение и др.)
7. Доверительная вероятность и уровень значимости, выбор уровня значимости.
8. Одно и двухсторонние статистические критерии.
9. Значащие цифры и правила округления цифр.
10. Методы исключения погрешностей: 3σ , g -критерий, критерии Граббса, Фишера, Бартлета, Кохрена.
11. Сравнение двух и нескольких дисперсий.
12. Оценка доверительного результата среднего результата.
13. Сравнение двух средних результатов (равноточных и неравноточных).
14. Сравнение среднего результата со средним значением.
15. Разработка методик выполнения эксперимента (этапы, процедура проверки, основные показатели).
16. Основные статистические термины (прецизионность, повторяемость, воспроизводимость, точность, погрешность и др.)
17. Закон накопления погрешностей и следствия из него.
18. Однофакторный дисперсионный анализ (дисперсия неоднородности материала и техники выполнения, вспомогательные суммы).

19. Корреляционный анализ: уравнение прямой, коэффициенты регрессии, доверительные интервалы.
20. Алгоритм оценивания прецизионности, повторяемости, воспроизводимости и внутрилабораторной прецизионности
21. Детерминированная случайная и постоянная систематические погрешности.
22. Внедрение методик количественного химического анализа: назначение и область определения, НД, термины, ответственность, общие положения, оформление результатов.
23. Контроль качества работы лаборатории: внутренний и внешний контроль, план внутрилабораторного контроля, оперативный контроль повторяемости, прецизионности и точности.
24. Контроль стабильности метрологических результатов с помощью карт Шухарта.

Экзамен по дисциплине состоит из двух частей: На экзамене студенту предлагается ответить на 2 теоретических вопроса и решить расчетную задачу. Ответ на каждый вопрос билета оценивается отдельно. При выставлении оценки за ответ учитываются ответы студента на дополнительные вопросы преподавателя. Отдельная оценка за ответы на дополнительные вопросы не ставится.

Показатели	Критерии
Ответы по вопросам билета	содержание ответа соответствует поставленному вопросу раскрываются наиболее значимые факты, научные положения, соблюдается логическая последовательность в изложении материала
Ответы на дополнительные вопросы	содержание ответа соответствует поставленному вопросу раскрываются наиболее значимые факты, научные положения, соблюдается логическую последовательность в изложении материал

Отметка **«отлично»** выставляется студенту, если: материал усвоен в полном объеме; студент имеет всестороннее, систематическое и глубокое знание учебного предмета, владеет необходимыми умениями и навыками, терминологией.

Отметку **«хорошо»** получает студент, если: в усвоении материала имеются незначительные пробелы, изложение материала недостаточно систематизировано, отдельные умения и навыки недостаточно устойчивы;

Отметка **«удовлетворительно»** ставится, если в усвоении материала имеются пробелы: материал излагается не систематизировано, отдельные умения недостаточно устойчивы, выводы и обобщения аргументированы слабо, в них допускаются ошибки, основное содержание материала не усвоено в полном объеме.

Оценка **«неудовлетворительно»** соответствует фрагментарному знанию предмета, неправильному ответу либо не ответу на вопрос.

Разработчики:

к.х.н., доцент



Бисикало А.Л.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 04.03.01 Химия.

Программа рассмотрена на заседании кафедры аналитической химии
«10» марта 2025 г. Протокол № 4

Зав. кафедрой к.х.н., доцент



А.И. Вильмс

Настоящая программа, не может быть воспроизведена ни в какой форме без предварительного письменного разрешения кафедры-разработчика программы.