



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



УТВЕРЖДАЮ
Декан химического факультета, доц.
А.И. Вильмс
«17» апреля 2025 г.

Рабочая программа дисциплины Б1.В.05

Наименование дисциплины **ХЕМОМЕТРИКА**

Направление подготовки **04.03.01 - Химия**

Направленности: **Химия**

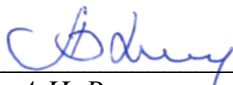
Квалификация выпускника – **БАКАЛАВР**

Форма обучения **очная**

Согласовано с УМК_химического
факультета

Протокол № 4 от «15» апреля 2025 г.

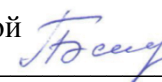
Председатель


А.И. Вильмс .

Рекомендовано кафедрой физической и
коллоидной химии:

Протокол № 8 «10» апреля 2025 г.

И.о. зав. кафедрой


Белых Л.Б.

Иркутск 2025 г.

Содержание

	стр.
1. Цели и задачи дисциплины	3
2. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО	3
3. Требования к результатам освоения дисциплины	4
4. Содержание и структура дисциплины	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	6
4.3 Содержание учебного материала:	7
4.3.1 Перечень практических занятий и лабораторных работ	8
4.3.2. Перечень тем (вопросов), выносимых на самостоятельное изучение самостоятельной работы студентов	9
4.4 Методические указания по организации самостоятельной работы студентов	9
4.5. Примерная тематика курсовых работ (проектов) <i>(при наличии)</i>	9
5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля):	10
а) основная литература;	10
б) дополнительная литература;	10
в) периодические издания;	10
г) список авторских методических разработок	10
д) базы данных, информационно-справочные и поисковые системы	11
6. Материально-техническое обеспечение дисциплины	11
7. Образовательные технологии	12
8. Оценочные материалы для текущего контроля и промежуточной аттестации	12

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ:

Цель: получение студентами знаний и навыков в области применения методов математической статистики при планировании эксперимента, обработке его результатов и формировании адекватных эксперименту выводов.

Задачи:

- ознакомить студентов химического факультета с математическими методами обработки результатов эксперимента;
- закрепить необходимый понятийный аппарат;
- сформировать умение оценивать погрешности измерений, источники ошибок при использовании выбранного метода исследования
- сформировать умение визуализировать экспериментальные данные в форме графиков с указанием погрешностей
- дать представление о пакете анализа данных LibreOffice Calc для однофакторного дисперсионного анализа

II. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО:

- 2.1 Дисциплина «Хеометрика» относится к базовым дисциплинам вариативной части (Б1.В.05).
- 2.2 Для изучения данной учебной дисциплины необходимы знания, умения и навыки, формируемые предшествующими дисциплинами, а именно:
- «Математика» (Б1.О.10),
 - «Дополнительные главы математики» (Б1.О.12),
 - «Информатика» (Б1.О.22),
 - «Информатика и вычислительная техника» (Б1.О.23),
 - «Математическая теория эксперимента» (Б1.В.02),
 - «Аналитическая химия» (Б1.О.18).
- 2.3 Перечень последующих учебных дисциплин, для которых необходимы знания, умения и навыки, формируемые данной учебной дисциплиной:
- «Физическая химия. Химическая термодинамика» (Б1.О.24),
 - «Физическая химия. Электрохимия. Химическая кинетика и катализ» (Б1.О.25).
 - «Физико-химия поверхностно-активных веществ» (Б1.В.ДВ.02.01),
 - «Использование хроматографии и электрохимических методов в анализе объектов сложного состава» (Б1.В.ДВ.03.02),
 - выполнения квалификационных работ и формирования профессиональных компетенций.

Учебная дисциплина «Хеометрика» знакомит студентов с прикладной научной отраслью знаний, возникшей на стыке экспериментальной химии и математики. Понимание сущности эксперимента и методов обработки экспериментальных результатов является необходимой частью подготовки специалиста-химика. Каждому химику в процессе учебы или работы необходимо критически оценивать имеющиеся экспериментальные данные и данные из литературных источников, рационально спланировать свой эксперимент, обработать полученные данные и с учетом погрешностей эксперимента, критически осмыслить результаты и сформулировать соответствующие выводы.

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 подготовки 04.03.01 «Химия», профиль: Химия.

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

Компетенция	Индикаторы компетенций	Результаты обучения
ПК-4 Способен обрабатывать результаты работ химической направленности с использованием стандартных методов и методик	ИДК_{ПК4.2} Применяет при обработке данных стандартное и оригинальное программное обеспечение	Знать: способы обработки результатов измерений при помощи программного обеспечения и требования к методам обработки
		Уметь: визуализировать экспериментальные данные в форме графиков с указанием погрешностей
		Владеть: математическими методами обработки результатов эксперимента, в частности, применять пакет анализа данных LibreOffice Calc.
ПК-5 Способен осуществлять контроль качества сырья, компонентов и выпускаемой продукции химического назначения	ИДК_{ПК5.3} Способен оценить погрешности измеряемых характеристик веществ и материалов, источники ошибок при использовании выбранного метода исследования.	Владеть: математическими методами обработки результатов эксперимента
		Знать: возможности и границы применимости видов математического анализа и методы планирования эксперимента
		Уметь: оценить погрешности измеряемых характеристик веществ и материалов, источники ошибок при использовании выбранного метода исследования

IV. СОДЕРЖАНИЕ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетные единицы, 72 часа,

Форма промежуточной аттестации: *зачет*

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

№ п/п	Раздел дисциплины/темы	Семестр	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу обучающихся и трудоемкость (в часах)					Формы текущего контроля успеваемости; Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
			Контактная работа преподавателя с обучающимися				Самостоятельная работа	
			Лекции	Лабораторные занятия		КСР + КО + консультации		
				Всего часов	Из них практическая подготовка			
1	Введение. Понятия о плане эксперимента	5	2	-	-	-	-	-
2	Измерение физико-химических величин	5	4	5	5	-	9	Самостоятельные задания, контрольная работа
3	Элементы математической статистики	5	4	5	5	-	9	Самостоятельные задания, контрольная работа
4	Элементы дисперсионного анализа	5	2	2	2	-	2	
5	Практический анализ экспериментальных данных	5	4	4	4	11	9	Самостоятельные задания, контрольная работа
Всего часов		5	16	16	16	11	29	Зачет
Итого часов		5	72					

4.2 План внеаудиторной самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Семестр	Название раздела, темы	Самостоятельная работа обучающихся			Оценочное средство	Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы
		Вид самостоятельной работы	Сроки выполнения	Затраты времени (час.)		
5	Измерение физико-химических величин	Решение задач по теме		5	Самостоятельные задания.	См. № 1 в списке рекомендуемой литературы
5	Измерение физико-химических величин	Подготовка к контрольной работе по теме «Измерение физико-химических величин»		5	Контрольная работа	1. См. список основной литературы 2. См. №1, № 2 и №4 в списке рекомендуемой литературы
5	Элементы математической статистики	Решение задач по теме		6	Самостоятельные задания.	См. № 1 в списке рекомендуемой литературы
5	Элементы дисперсионного анализа	Решение задач по теме		6	Самостоятельные задания.	1. См. список основной литературы 2. См. № 1 и № 3 в списке рекомендуемой литературы
5	Элементы математической статистики и дисперсионного анализа	Подготовка к контрольной работе по теме «Элементы математической статистики и дисперсионного анализа»		2	Контрольная работа	См. № 1 в списке рекомендуемой литературы
5	Практический анализ экспериментальных данных	Решение задач по теме, подготовка к контрольной работе по теме «Практический анализ экспериментальных данных»		5	Самостоятельные задания, Контрольная работа	См. № 1 в списке рекомендуемой литературы
Общая трудоемкость самостоятельной работы по дисциплине (час)				29		
Бюджет времени самостоятельной работы, предусмотренный учебным планом для данной дисциплины (час)				29		

4.3 Содержание учебного материала

Содержание разделов и тем дисциплины

1. Введение. Понятия о плане эксперимента

Предмет, задачи и проблемы курса «Хеометрика». Понятие эксперимента и классификация экспериментов. Математическая модель объекта исследования. Основные этапы проведения эксперимента и классификация экспериментальных задач. Параметры оптимизации. Факторы, влияющие на результат эксперимента.

2. Измерение физико-химических величин

Физико-химические величины и их классификация. Измерение и методы (типы) измерений. Признаки и шкалы. Погрешности измерений, их происхождение и классификация. Запись результатов измерений и их округление. Математические действия с приближенными числами. Погрешности измерительных приборов. Погрешности функций приближенных аргументов.

3. Элементы математической статистики

Случайные величины и их характеристики. Законы распределения случайных величин. Выборка и ее характеристики. Интервальное оценивание и доверительный интервал. Теория статистического вывода и проверка гипотез (статистических и параметрических). Применение пакета анализа данных LibreOffice Calc.

4. Элементы дисперсионного анализа

Общие сведения. Пример применения однофакторного дисперсионного анализа. Применение пакета анализа данных LibreOffice Calc.

5. Практический анализ экспериментальных данных

Визуализация данных и формат их представления с помощью графиков (в том числе в LibreOffice Calc). Построение «наилучшей» прямой. Криволинейные зависимости: графическое дифференцирование и интегрирование.

4.3.1 Перечень практических занятий и лабораторных работ

№ № п/п	№ раздела и темы дисциплины (модуля)	Наименование семинаров, практических и лабораторных работ	Трудоемкость (час.)	Оценочные средства	Формируемые компетенции
1	2	3	4	5	6
1	2. Измерение физико-химических величин	Погрешности измерений и их происхождение. Запись результатов измерений и их округление. Решение задач	1	Самостоятельн ые задания.	ПК-5.3
2					
3		Математические действия с приближенными числами. Решение задач.	1	Самостоятельн ые задания	ПК-5.3
4		Погрешности измерительных приборов. Решение задач.	1	Самостоятельн ые задания	ПК-5.3
5		Погрешности функций приближенных аргументов. Решение задач.	1	Самостоятельн ые задания	ПК-5.3
6		Контрольная работа № 1 по теме «Измерение физико-химических величин»	1	Контрольная работа	ПК-5.3
7	3. Элементы математической статистики	Законы распределения случайных величин. Решение задач.	2	Самостоятельн ые задания	ПК-5.3
8		Интервальное оценивание и доверительный интервал. Решение задач.	2	Самостоятельн ые задания	ПК-5.3
9	4. Элементы дисперсионного анализа	Решение задач на применения однофакторного дисперсионного анализа.	2	Самостоятельн ые задания	ПК-4.2 ПК-5.3
10	3 и 4 . Элементы мат. статистики и дисперсионного анализа	Контрольная работа № 2 по теме «Элементы математической статистики и дисперсионного анализа»	1	Контрольная работа	ПК-5.3
11	5. Практический анализ экспериментальных данных	Визуализация данных: графики. Построение «наилучшей» прямой.	1	Самостоятельн ые задания	ПК-4.2 ПК-5.3
12		Криволинейные зависимости: графическое дифференцирование и интегрирование.	2	Самостоятельн ые задания	ПК-4.2 ПК-5.3
13		Контрольная работа № 3 по теме «Практический анализ экспериментальных данных»	1	Контрольная работа	ПК-4.2 ПК-5.3

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

№ п/п	Тема	Задание	Формируемая компетенция	ИДК
1	Измерение физико-химических величин	Выполнение самостоятельных заданий и подготовка к Контрольной работе №1 (см. Оценочные материалы для текущего контроля).	ПК-5	ПК-5.3
2	Элементы математической статистики	Выполнение самостоятельных заданий и подготовка к Контрольной работе №2 (см. Оценочные материалы для текущего контроля).	ПК-5	ПК-5.3
3	Элементы дисперсионного анализа	Выполнение самостоятельных заданий и подготовка к Контрольной работе №2 (см. Оценочные материалы для текущего контроля).	ПК-4 ПК-5	ПК-4.2 ПК-5.3
4	Практический анализ экспериментальных данных	Выполнение самостоятельных заданий и подготовка к Контрольной работе №3 (см. Оценочные материалы для текущего контроля).	ПК-4 ПК-5	ПК-4.2 ПК-5.3

4.4 Методические указания по организации самостоятельной работы студентов

Самостоятельная работа студентов, связанная с закреплением теоретического материала в виде решения задач, выполнения самостоятельных заданий и подготовки к контрольным работам, проводится во внеаудиторное время.

Примеры решения типовых задач представлены в рекомендуемых учебных пособиях

1. Самойлов, Н. А. Примеры и задачи по курсу "Математическое моделирование химико-технологических процессов" [Электронный ресурс] / Н. А. Самойлов. - Москва : Лань", 2013. - Режим доступа: ЭБС "Издательство "Лань". - Неогранич. доступ. - ISBN 978-5-8114-1553-3.

4.5. Примерная тематика курсовых работ (проектов) (при наличии) _____

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

а) основная литература

1. Берикашвили, В.Ш. Статистическая обработка данных, планирование эксперимента и случайные процессы [Текст : Электронный ресурс] : Учебное пособие / В. Ш. Берикашвили, С. П. Оськин. - 2-е изд., испр. и доп. - Электрон. дан.col. - Москва : Издательство Юрайт, 2019. - 164 с. - (Бакалавр и магистр. Академический курс). - Режим доступа: ЭБС "Юрайт". - Internet access. - Неогранич. доступ. - ISBN 978-5-534-09216-5.
2. Сидняев, Н.И. Теория планирования эксперимента и анализ статистических данных [Текст : Электронный ресурс] : Учебник и практикум / Н. И. Сидняев. - 2-е изд., пер. и доп. - Электрон. дан.col. - Москва : Издательство Юрайт, 2019. - 495 с. - (Бакалавр и магистр. Академический курс). - Режим доступа ЭБС "Юрайт". - Неогр. доступ. - ISBN 978-5-9916-2925-6
3. Смагунова, А.Н. Математическое планирование эксперимента в методических исследованиях аналитической химии [Электронный ресурс] : учебное пособие / А. Н. Смагунова, Г. В. Пашкова, Л. И. Белых. - 3-е изд., стер. - [Б. м.] : Лань, 2018. - 120 с. - Режим доступа ЭБС "Лань". - неогранич. доступ. - ISBN 978-5-8114-2540-2

б) дополнительная литература

1. Самойлов, Н. А. Примеры и задачи по курсу "Математическое моделирование химико-технологических процессов" [Электронный ресурс] / Н. А. Самойлов. - Москва : Лань", 2013. - Режим доступа: ЭБС "Издательство "Лань". - Неогранич. доступ. - ISBN 978-5-8114-1553-3.
2. Прошин, В. И. Анализ результатов измерений в экспериментальной физике [Электронный ресурс] / В. И. Прошин, В. Г. Сидоров. - 1-е изд. - [Б. м.] : Лань, 2018. - 172 с. - Режим доступа ЭБС "Лань". - неогранич. доступ. - ISBN 978-5-8114-2886-1.
3. Трофимов, А. Г. Математическая статистика [Текст : Электронный ресурс] : Учебное пособие / А. Г. Трофимов. - 2-е изд. - Электрон. дан.col. - Москва : Издательство Юрайт, 2019. - 259 с. - (Университеты России). - Режим доступа ЭБС "Юрайт". - Неогр. доступ. - ISBN 978-5-534-08874-8.
4. Зайдель, АН. Ошибки измерений физических величин [Электронный ресурс] / А. Н. Зайдель. - Москва : Лань, 2009. - 112 с. : ил., табл. - (Учебники для вузов. Специальная литература). - Режим доступа: ЭБС "Издательство "Лань". - Неогранич. доступ. - ISBN 978-5-8114-0643-2



в) периодические издания (при необходимости)

г) список авторских методических разработок:

1. Математическая обработка физико-химических данных и расчеты по графикам [Электронный ресурс] : метод. указ. / Иркутский гос. ун-т, Науч. б-ка ; сост. Д. С. Суслов. - ЭВК. - Иркутск : ИГУ, 2010. - Режим доступа: ЭЧЗ "Библиотех". - Неогранич. доступ.

2. Быков, М.В. Математическая и графическая обработка физико-химических данных [Текст] : учеб. пособие / М. В. Быков, Д. С. Суслов, В. С. Ткач ; рец.: А. И. Вильмс, И. С. Петрушин ; Иркут. гос. ун-т, Хим. фак. - Иркутск : Изд-во ИГУ, 2015. - 91 с. ; 20 см. - ISBN 978-5-9624-1292-4

д) базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

1. <https://www.chemometrics.ru/ru/books/>
Данный интернет источник – это сайт Российского хеометрического общества, на котором в открытом доступе представлены учебные пособия по хеометрике и современное программное обеспечение.
2. https://books.google.ru/books?hl=ru&lr=&id=G8JMac7OCtAC&oi=fnd&pg=P1&dq=Chemometrics+massart&ots=kFHkaOz71W&sig=RNivQBy54k4gcBFOKH-cBLVpw24&redir_esc=y#v=onepage&q=Chemometrics%20massart&f=false

Данный интернет источник – это ссылка на учебник в электронном виде на английском языке: Deming S. N. et al. Chemometrics: a textbook. – Elsevier, 1988.

VI. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Учебно-лабораторное оборудование:

Помещения для проведения лекционных и практических занятий, укомплектованные необходимым оборудованием и приборной базой, а именно:

- аудитории, оснащенные мультимедийными средствами, для проведения аудиторных и практических занятий (ауд. 402, 426, 303); ауд. 5, 6, 402, 426 оборудованы мультимедийными проекторами (InFocus IN 105 (3D Ready), настенными экранами, ноутбуками Samsung NP 300T5A-A0FRU.
- компьютерный класс химического факультета. Общее количество единиц вычислительной техники – 12 шт. Имеется локальная сеть.

6.2. Программное обеспечение:

LibreOffice - бесплатный офисный пакет, совместимый с 32/64-битными системами. Поддерживает большинство популярных операционных систем, включая GNU/Linux, Microsoft Windows и Mac OS X.

6.3. Технические и электронные средства:

VII. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В процессе изучения дисциплины «Хеометрика» читаются лекции, проводятся контрольные работы, разбор конкретных ситуаций с использованием пассивных, активных и интерактивных форм обучения.

Активные формы обучения. На практических занятиях, которые составляют около половины от контактной работы, происходит совместное обсуждение и решение типовых задач, а так же задач химической направленности. Такой вид организации обучения, с элементами интерактивных форм обучения, способствует приобретению навыков самостоятельного планирования экспериментов и оценки погрешности измерений. Выполнение самостоятельных заданий, в том числе на компьютере, формирует умение проводить первичный анализ экспериментальных данных с учетом законов и закономерностей, визуализировать полученные данные, представлять результаты опытов с указанием доверительного интервала, грамотно формулировать выводы. Закрепление теоретических положений хеометрики проводится в виде выполнения расчетных задач.

VIII. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

Оценочные средства (ОС):

Оценочные средства текущего контроля формируются в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе университета. Назначение оценочных средств текущего контроля - выявить у обучающихся сформированность компетенций: ПК-4, ПК-5.

Материалы для проведения текущего и промежуточного контроля знаний студентов:

№	Вид контроля	Контролируемые темы (разделы)	Компетенции, компоненты которых контролируются
1	Самостоятельные задания, контрольная работа	Измерение физико-химических величин	ПК-5
2	Самостоятельные задания, контрольная работа	Элементы математической статистики Элементы дисперсионного анализа	ПК-4, ПК-5
3	Самостоятельные задания, контрольная работа	Практический анализ экспериментальных данных	ПК-4, ПК-5

Демонстрационные варианты контрольных работ

Контрольная работа №1

1. Сколько значащих цифр содержится в каждом из следующих чисел:

а) 1331; б) 0,1040; в) 5,000; г) $88 \cdot 10^7$; д) $2 \cdot 10^3$; е) $0,600 \cdot 10^3$.

2. Произвести указанные действия с приближенными числами (числа даны с точностью до половины единицы разряда последней значащей цифры):

а) $(76,102 + 34,17) - (0,3546 + 6,25) \times 10,13 =$

б) $\ln 78,91 + 21,1415^2 - \sqrt{17625,07} =$

3. Измерение напряжения на солнечной батарее равного 1,25 В проводили с помощью АЦП с погрешностью 1,25%. Можно ли сказать, что батарея годна к эксплуатации, если согласно паспортным данным напряжение на батарее должно быть не ниже 1,23 В.

4. Рассчитать давление газа и погрешности его определения (абсолютную и относительную), если объем сосуда составляет $40,0 \pm 0,5$ л, температура $298,0 \pm 1$ К, универсальная газовая постоянная равна $8,314$ Дж/(моль·К), а количество вещества равно $100,0 \pm 0,1$ моль. Для того чтобы получить давление в Па необходимо перевести объем в м³.

Контрольная работа №2

1. При проведении некоторого исследования была проведена серия измерений сферических гранул силикагеля. Для выбранных случайным образом 13-ти измерений были получены значения диаметров частиц (в мм): 1,19; 1,34; 1,28; 1,23; 1,55; 1,01; 1,72; 1,39; 1,64; 1,61; 1,49; 1,59; 1,77. Определите среднее значение диаметра этих частиц и дайте доверительный интервал ($p=0,90$) с учетом того, что штангенциркуль (инструмент измерения) имеет погрешность измерения 0,01 мм.

2. Решите задачу в письменном виде. В таблице ниже приведено распределение студентов 3-го курса химического факультета ИГУ по размеру стипендии:

Размер стипендии, т.р.	Число студентов		
	I группа	II группа	III группа
0	9	2	0
5	2	5	1
10	6	3	9
15	3	2	4

Определите:

- а) средний размер стипендии в каждой группе и на курсе,
- б) внутригрупповые дисперсии;
- в) среднюю из внутригрупповых дисперсий;
- г) межгрупповую дисперсию;
- д) общую дисперсию.

Контрольная работа №3

Оформите в виде отчета на двойном листе (привести все расчеты).

Постройте график зависимости $y = f(x)$ в соответствии с правилами (на миллиметровке!).

x	0,5	0,8	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5
y	7,71	4,1	2,09	3,41	15,65	24,215	29,611	37,83	38,19	29,3

Задание:

- 1) Постройте касательные (и определите их уравнения) в произвольных точках со значениями x в интервалах от 0,7 до 2,2 и от 3,3 до 5. В ответе указать точные координаты этих точек.
- 2) Постройте касательные (и определите их уравнения) в точках со значениями x равными 1,8 и 3,1. В ответе указать точные координаты этих точек.
- 3) Используя метод касательных, постройте дифференциальные кривые: первую — способом расчета тангенса угла наклона, а вторую — с использованием полюса и полюсного расстояния.
- 4) Найдите определенный интеграл в интервале x от 2 до 4.
- 5) Используя метод площадей, постройте интегральную кривую.
- 6) Постройте касательные как п. 1) и 2) с использованием LibreOffice Calc. Сравните полученные уравнения с уравнениями из п. 1) и 2).

Демонстрационные варианты самостоятельных работ

Самостоятельная (домашняя) работа №1

1. Вычислите массовые доли элементов в борной кислоте и определите абсолютные погрешности этих массовых долей, если атомные массы: $Ar(B) 10,80 \pm 0,12$ а.е.м.; $Ar(H) = 1,00 \pm 0,01$ а.е.м.; $Ar(O) = 16,00 \pm 0,15$ а.е.м.
2. Вычислите химическое количество вещества сульфида серебра Ag_2S массой $34,72 \pm 0,22$ г. Определите погрешности для количества вещества (относительную и абсолютную), если относительная погрешность атомной массы серы составляет 1,8%, а серебра — 1,3%.
3. Вычислите массу оксида бария и объем газа, которые образовались в результате разложения карбоната бария массой $118,4 \pm 1,2$ г. Определите погрешности рассчитанных величин, если абсолютные погрешности атомных масс $\approx 0,2$ а.е.м.
4. Определите объем кислорода (и погрешности), который потребуется для полного сжигания 61 ± 1 мл изопропанола. Примите, что абсолютные погрешности атомных масс $\approx 0,2$ а.е.м., молярный объем газа при н.у. — константа, а плотность изопропанола равна $0,785 \pm 0,011$ г/мл.
5. Рассчитайте $y = 2/x^2 + 5p + q^2/4 - 3z$ и ε_y , при $x = 2$; $p = 0,2$; $q = 4$; $z = 0,4$, если $\varepsilon_x = 0,1$; $\varepsilon_p = 0,01$; $\varepsilon_q = 0,3$; $\varepsilon_z = 0,08$.
6. При калибровке вольтметра с максимальным пределом измерения 40 В получены следующие результаты измерения (U_B) при различных значениях эталонного электрического напряжения ($U_{ЭТ}$). Определите класс точности прибора, если:

$U_{ЭТ}, В$	4,2	7,8	10,0	16,4	20,5	33,3
$U_B, В$	4,4	7,6	9,9	15,9	21,0	33,6

Самостоятельная (домашняя) работа №2

1. На практических занятиях студенты некоторого курса ИГУ определяли температуру кипения циклогексилового спирта. В таблице ниже приведена случайная выборка некоторых полученных результатов:

Температура кипения, °C	161,0	158,6	162,3	161,5	159,7	160,8	160,1	161,3	159,1
Сколько раз встречается в выборке	13	7	9	11	9	20	29	25	7

Определите:

- 1) с вероятностью 98% определить доверительный интервал средней величины температуры во всей генеральной совокупности.
- 2) с вероятностью 90% определите доверительный интервал средней величины температуры во всей генеральной совокупности.
- 3) на сколько доверительный интервал во втором случае будет отличаться от интервала в первом.

2. Решите задачу в письменном виде. Проверьте результат расчета с помощью пакета анализа данных LibreOffice Calc.



• Определите:

- 1) средний размер заработной платы;
- 2) дисперсию;
- 3) среднее квадратическое отклонение.

Оцените доверительный интервал и среднюю з/п по методу Корнфельда.

Самостоятельная (домашняя) работа №3

Оформите в виде отчета на двойных листах.

Постройте график зависимости $y = f(x)$ в соответствии с правилами (на миллиметровке!). Отметьте погрешности на графике $\varepsilon_y = 1,1$ и $\varepsilon_x = 0,2$. Постройте «наилучшую» прямую используя метод парных точек (привести расчеты в отчете). Определите параметры этой прямой и рассчитайте погрешности параметров этой прямой. Определите значения y при $x = -5; 0; 5; 10; 20$. Какую операцию при этом проводили (указать для каждого значения y)?

x	1	2,5	3	5	6	8	9	10
y	5,1	8,2	11	15,5	16,1	22	23	26

Постройте график зависимости $y = f(x)$ в соответствии с правилами с помощью LibreOffice Calc. Постройте линию тренда и определите параметры прямой. Сравните полученное уравнение прямой с уравнением, полученным по методу парных точек (письменно в отчете с приложением распечатки из LibreOffice Calc).

Промежуточная аттестация (*зачет*) проводится с использованием бально-рейтинговой системы оценивания результатов обучения.

ПРИМЕРНЫЙ СПИСОК ВОПРОСОВ К ЗАЧЕТУ (СОБЕСЕДОВАНИЕ):

1. Эксперимент. Дайте определение и классификацию экспериментов. Какие вопросы решает планирование эксперимента? Математическая модель объекта исследования.
2. Факторы и их область определения. Что называют функцией отклика и поверхностью отклика?
3. Основные этапы и задачи проведения экспериментальных исследований. Параметр оптимизации: определение и предъявляемые к нему требования. Обобщенный параметр оптимизации.
4. Требования, предъявляемые к факторам. Уровни факторов и интервалы варьирования факторов. Ограничения необходимые для учета при выборе интервала варьирования. Зависимость количества опытов в эксперименте от числа уровней факторов. Факторное пространство.
5. Физико-химические величины. Основные типы физико-химических величин и их типы. Методы измерений.
6. Погрешность измерений. Классификация погрешностей. Математические модели результата измерения и погрешности измерения.
7. Представление результата измерений. Правила округления числовых значений результата измерения. Математические действия с приближенными числами.
8. Функция и плотность распределения случайной величины. Определения математического ожидания и дисперсии случайной величины. Основные законы распределения случайной величины, применяемые при планировании эксперимента. Числовые характеристики этих законов.
9. Определения генеральной совокупности и выборки. Характеристики точечной оценки и критерии ее качества. Интервальная оценка и доверительный интервал.
10. Статистическая гипотеза. Параметрические и непараметрические гипотезы. Нулевая гипотеза. Уровень значимости и область принятия гипотезы.
11. Статистический критерий. Мощностью критерия. Этапы проверки гипотезы. Ошибкам первого и второго рода, вероятность их совершения.
12. Задача, решаемая при проверке гипотезы о законе распределения. Роль критерия Пирсона при проверке гипотезы о законе распределения.
13. Какие статистические критерии применяются при проверке параметрических гипотез? Основные гипотезы о выборочных средних, порядок их проверки. Выявление грубых погрешностей с использованием параметрических гипотез.
14. Задачи, решаемые в дисперсионном анализе. Характеристика межгрупповой и внутригрупповой дисперсии. Чем обусловлена вариация групповых средних вокруг общего среднего?
15. Какая параметрическая гипотеза принимается в качестве нулевой при дисперсионном анализе? Порядок проверки этой гипотезы. Дисперсионное отношение. Вероятностное

распределение, применяемое для проверки гипотезы в дисперсионном анализе, и его числовые характеристики.

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ

Индикаторы достижения компетенции	Результаты обучения (знать, уметь, владеть)	Процедура оценивания
ПК-4.2 Применяет при обработке данных стандартное и оригинальное программное обеспечение	Знает: способы обработки результатов измерений при помощи программного обеспечения и требования к методам обработки	Выполнение самостоятельных заданий и контрольных работ.
	Умеет: визуализировать экспериментальные данные в форме графиков с указанием погрешностей	Выполнение самостоятельных заданий и контрольных работ.
	Владеет: математическими методами обработки результатов эксперимента, в частности, применять пакет анализа данных LibreOffice Calc.	Выполнение самостоятельных заданий и контрольных работ.
ПК-5.3 Способен оценить погрешности измеряемых характеристик веществ и материалов, источники ошибок при использовании выбранного метода исследования.	Владеть: математическими методами обработки результатов эксперимента	Собеседование. Выполнение самостоятельных заданий. Выполнение контрольной работы.
	Знать: возможности и границы применимости видов математического анализа и методы планирования эксперимента	Собеседование. Выполнение самостоятельных заданий.
	Уметь: оценить погрешности измеряемых характеристик веществ и материалов, источники ошибок при использовании выбранного метода исследования	Собеседование. Выполнение самостоятельных заданий. Выполнение контрольной работы.

Программа оценивания контролируемых компетенций:

Тема или раздел дисциплины ¹	Код индикатора компетенции	Планируемый результат	Показатель	Критерий оценивания	Наименование ОС ²	
					ТК ³	ПА ⁴
2. Измерение физико-химических величин	ИДКпк5.3 Способен оценить погрешности измеряемых характеристик веществ и материалов, источники ошибок при использовании выбранного метода исследования.	Знать: возможности и границы применимости видов математического анализа и методы планирования эксперимента Уметь: оценить погрешности измеряемых характеристик веществ и материалов, источники ошибок при использовании выбранного метода исследования Владеть: математическими методами обработки результатов эксперимента	Знает: методы измерений физико-химических величин, основные причины происхождения погрешностей измерений и виды математического анализа для оценки погрешностей. Умеет: оценить погрешности измеряемых характеристик веществ и материалов; записывать результаты измерений и выполнять их округление. Владеет: математическими действиями с приближенными числами; расчетом погрешности функций приближенных аргументов.	Владеет материалом, представленным в разделе 2. Выполнил не менее 2/3 заданий самостоятельной работы. Выполнил не менее 2/3 заданий контрольной работы.	СР №1, КР №1, С	Зачет

3. Элементы математической статистики	ИДКпк5.3 Способен оценить погрешности измеряемых характеристик веществ и материалов, источники ошибок при использовании выбранного метода исследования.	Знать: возможности и границы применимости видов математического анализа и методы планирования эксперимента Уметь: оценить погрешности измеряемых характеристик веществ и материалов, источники ошибок при использовании выбранного метода исследования Владеть: математическими методами обработки результатов эксперимента	Знает: законы распределения случайных величин; основы статистического вывода и проверка гипотез (статистических и параметрических) Умеет: осуществлять выборку и определять характеристики; осуществлять интервальное оценивание и определять доверительный интервал. Владеет: математическими методами расчета дисперсии и среднеквадратичного отклонения.	Владеет материалом, представленным в разделе 3. Выполнил не менее 2/3 заданий самостоятельной работы. Выполнил не менее 2/3 заданий контрольной работы.	СР №2 (задание 1), КР №1 (задание 1), С	
4. Элементы дисперсионного анализа	ИДКпк5.3 Способен оценить погрешности измеряемых характеристик веществ и материалов,	Знать: возможности и границы применимости видов математического анализа и методы планирования	Знает: теоретические основы применимости разных видов дисперсии. Умеет: применять однофакторный дисперсионный анализ на практике.. Владеет:	Владеет материалом, представленным в разделе 4. Выполнил не менее 2/3 заданий самостоятельной работы. Выполнил не менее	СР №2 (задание 2), КР №1 (задание 2), С	

	источники ошибок при использовании выбранного метода исследования.	эксперимента Уметь: оценить погрешности измеряемых характеристик веществ и материалов, источники ошибок при использовании выбранного метода исследования Владеть: математическими методами обработки результатов эксперимента	математическими методами расчета внутригрупповых дисперсий, средней из внутригрупповых дисперсий, межгрупповой и общей дисперсии.	2/3 заданий контрольной работы		
	ИДКпк4.2 Применяет при обработке данных стандартное и оригинальное программное обеспечение	Знать: способы обработки результатов измерений при помощи программного обеспечения и требования к методам обработки Владеть: математическими методами обработки результатов эксперимента, в	Знает: способы расчета различных видов дисперсий при помощи программного обеспечения, например, LibreOffice Calc. Владеет: математическими методами расчета внутригрупповых дисперсий, средней из внутригрупповых дисперсий, межгрупповой и общей дисперсии при помощи LibreOffice Calc.			

		частности, применять пакет анализа данных LibreOffice Calc.				
5. Практический анализ экспериментальных данных	ИДКпк5.3 Способен оценить погрешности измеряемых характеристик веществ и материалов, источники ошибок при использовании выбранного метода исследования.	Знать: возможности и границы применимости видов математического анализа и методы планирования эксперимента Уметь: оценить погрешности измеряемых характеристик веществ и материалов, источники ошибок при использовании выбранного метода исследования Владеть: математическими методами обработки результатов эксперимента	Умеет: строить графики с указанием на них погрешностей. Знает: возможности и границы применимости методов построения наилучшей прямой и расчета погрешности коэффициентов этой прямой. Владеет: методами графического дифференцирования и интегрирования.	Владеет материалом, представленным в разделе 5. Выполнил не менее 2/3 заданий самостоятельной работы. Выполнил не менее 2/3 заданий контрольной работы	СР №3, КР №1.	
	ИДКпк4.2 Применяет при обработке данных	Уметь: визуализировать экспериментальные данные в форме	Уметь: визуализировать экспериментальные данные в форме графиков при помощи			

	стандартное и оригинальное программное обеспечение	графиков с указанием погрешностей Владеть: математическими методами обработки результатов эксперимента, в частности, применять пакет анализа данных LibreOffice Calc.	программного пакета LibreOffice Calc. Владеет: методами аппроксимации экспериментально полученных данных функциями при помощи LibreOffice Calc.			
--	--	---	---	--	--	--

СР – Самостоятельная (домашняя) работа, КР – Контрольная работа, С – Собеседование.

КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ:

В соответствии с бально-рейтинговой системой ИГУ для получения зачета по дисциплине «Хеометрика» студенту необходимо набрать не менее 60 баллов.

1. Предусмотрено 3 самостоятельных (домашних) работы в виде задач и заданий. Каждая работа оценивается максимум на 10 баллов.

Самостоятельная работа № 1: задания 1 и 2 оцениваются на 1 балл (каждое), задания 3-6 оцениваются на 2 балла (каждое). Допускается дробление баллов при не полном (не верном) решении задач.

Самостоятельная работа № 2: каждое задание оценивается на 5 баллов. Допускается дробление баллов при не полном (не верном) решении задач.

Самостоятельная работа № 3: задание, связанное с построением графика, оценивается в 2 балла; задание на построение «наилучшей» прямой оценивается в 5 баллов; остальные задания оцениваются в 1 балл (каждое). Допускается дробление баллов при не полном (не верном) выполнении заданий.

2. Предусмотрено 3 контрольные работы, каждая из которых оценивается максимум на 15 баллов.

Контрольная работа № 1: первое задание оценивается на 3 балла (по 0,5 балла за пример); второе задание оценивается в 5 баллов (по 2,5 балла за пример); третье задание оценивается в 7 баллов; четвертое задание оценивается в 10 баллов. Допускается дробление баллов при не полном (не верном) выполнении заданий.

Контрольная работа № 2: первое задание оценивается на 7 баллов, второе — на 8 баллов. Допускается дробление баллов при не полном (не верном) выполнении заданий.

Контрольная работа № 3: третье задание оценивается в 5 баллов (2 балла за построение дифференциальной кривой по тангенсам угла наклона и 3 балла за построение диф.кривой методом полюсного расстояния), остальные задания оцениваются в 2 балла.

3. На последнем зачетном занятии предусмотрено собеседование, на котором можно набрать дополнительно 25 баллов ответив на 2 вопроса. Допускается дробление баллов при не полном (не верном) устном ответе.

Зачтено:

в целом, сформированные знания предмета, умение применять методы и подходы изучаемой дисциплины при решении учебных и практических задач с минимальным количеством ошибок не принципиального характера, наличие навыков применения методов и подходов изучаемой дисциплины при решении учебных и практических задач **(60 баллов и более).**

Не зачтено:

фрагментарное знание предмета, отсутствие умений и навыков применения методов и подходов изучаемой дисциплины при решении учебных задач **(менее 60 баллов).**

Разработчик:



доцент М.В. Быков

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО и учетом рекомендаций ПООП по направлению и профилю подготовки 04.03.01 – «Химия».

Программа рассмотрена на заседании кафедры физической и коллоидной химии
«10» апреля 2025 г.

Протокол № 8

И.о. зав. кафедрой —  /Л.Б. Белых/

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