

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГБОУ ВО «ВГУ»)

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

аналитической химии



Т.В. Елисеева

02.07.2020 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Б1.О.18 Математическая обработка результатов эксперимента**

*Код и наименование дисциплины в соответствии с учебным планом*

1. Код и наименование направления подготовки/специальности:

04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия

2. Профиль подготовки/специализация:

Фундаментальная химия в профессиональном образовании

3. Квалификация выпускника: Специалист

4. Форма обучения: Очная

5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины: 1002 аналитической химии

6. Составители программы: Паршина Анна Валерьевна, д.х.н.

*(ФИО, ученая степень, ученое звание)*

7. Рекомендована: Научно-методический Совет химического факультета,

19.03.2020, протокол № 3

*(наименование рекомендующей структуры, дата, номер протокола,*

*отметки о продлении вносятся вручную)*

8. Учебный год: 2021 / 2022

Семестр(ы): 3

## 9. Цели и задачи учебной дисциплины

Целью освоения учебной дисциплины является:

- знакомство с основами математической обработки результатов экспериментов на базе теории вероятностей и математической статистики.

Задачи учебной дисциплины:

- овладеть способами представления результатов физико-химического эксперимента,
- ознакомиться с основными метрологическими понятиями,
- ознакомиться с основами теории вероятности,
- овладеть приемами оценки ошибок прямых и косвенных измерений, обнаружения промахов;
- ознакомиться с законами распределения случайных величин и их применением.

**10. Место учебной дисциплины в структуре ООП:** (обязательная часть или часть, формируемая участниками образовательных отношений (вариативная) блока Б1, к которой относится дисциплина; требования к входным знаниям, умениям и навыкам; дисциплины, для которых данная дисциплина является предшествующей))

Б1.О. Обязательная часть.

Требования к входным знаниям, умениям и навыкам: базовые знания фундаментальных разделов физики и физической химии, навыки практической работы в области физики и химии, владение математическим аппаратом и основами информатики в объеме, необходимом для освоения теории вероятностей и математической статистики

Дисциплины, для которых данная дисциплина является предшествующей: Современная химия и химическая безопасность, Аналитическая химия, Фармацевтическая и медицинская химия, Методы анализа в криминалистике, Электронные спектры индивидуальных веществ, Физические методы исследования ЯМР и хромато-масс-спектрометрические методы исследования в органической химии, Инструментальные методы анализа, Аналитический контроль качества, стандартизация веществ и материалов.

**11. Планируемые результаты обучения по дисциплине/модулю (знания, умения, навыки), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями) и индикаторами их достижения:**

Код	Название компетенции	Код(ы)	Индикатор(ы)	Планируемые результаты обучения
ОПК-1	Способен анализировать, интерпретировать и обобщать результаты экспериментальных и расчетно-теоретических работ химической направленности	ОПК-1.1	Систематизирует и анализирует результаты химических экспериментов, наблюдений, измерений, а также результатов расчетов свойств веществ и материалов	Знать: основные метрологические аспекты выполнения физико-химического эксперимента и обработки его результатов. Уметь: обеспечить единство измерений и оценить показатели точности определения значений измеряемой величины при выполнении физико-химического эксперимента. Владеть: теоретическими и практическими навыками работы в основных компьютерных программах математических, статистических и других методов, основанных на формальной логике с учетом основ теории вероятностей.
		ОПК-1.2	Предлагает интерпретацию результатов собственных	Знать: способы обнаружения и устранения систематических ошибок, обнаружения грубых промахов, оценки случайных ошибок,

			экспериментов и расчетно-теоретических работ с использованием теоретических основ традиционных и новых разделов химии	правила округления результатов прямых и косвенных измерений. Уметь: выполнять проверку статистических гипотез о типе распределения и свойствах параметров распределения случайной величины применительно к анализу собственных экспериментальных данных и сопоставлению с результатами других исследований. Владеть: алгоритмами статистического анализа малых и представительных выборок, с учетом представлений о типах случайных величин, законах их распределения и свойствах параметров законов распределения.
		ОПК-1.3	Формулирует заключения и выводы по результатам анализа литературных данных, собственных экспериментальных и расчетно-теоретических работ химической направленности	Знать: способы получения информации об исследуемой величине путем математической обработки и графической визуализации результатов физико-химического эксперимента. Уметь: использовать статистическое сравнение параметров выборок как метод исследования. Владеть: основными приемами градуировки, оценки пределов обнаружения метода и установления метрологических характеристик аналитического метода.
ОПК-5	Способен понимать принципы работы информационных технологий, использовать информационные базы данных и адаптировать существующие программные продукты для решения задач профессиональной деятельности с учетом основных требований информационной безопасности	ОПК-5.1	Осуществляет поиск, сбор, хранение, обработку, представление информации при решении задач профессиональной деятельности	Знать: способы получения информации об исследуемой величине путем математической обработки и графической визуализации результатов физико-химического эксперимента, с использованием компьютерных программ. Уметь: рассчитывать значения статистических критериев, основываясь на представлениях о типах случайных величин, законах их распределения и свойствах параметров законов распределения. Владеть: методом наименьших квадратов применительно к построению линейных градуировочных зависимостей, оценки значимости их коэффициентов и адекватности уравнения.
		ОПК-5.2	Подбирает и использует информационные технологии при решении задач профессиональной деятельности	Знать: основные математические функции, используемые в компьютерных программах математических и статистических методов применительно к обработке результатов физико-химического эксперимента. Уметь: реализовывать математические алгоритмы проверки статистических гипотез в основных компьютерных программах. Владеть: теоретическими и практическими навыками работы в основных компьютерных программах математических, статистических и других методов, основанных на формальной логике.

**12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час. (в соответствии с учебным планом) – 3 / 108.**

**Форма промежуточной аттестации (зачет/экзамен) – зачет с оценкой.**

### 13. Трудоемкость по видам учебной работы

Вид учебной работы	Трудоемкость			
	Всего	По семестрам		
		3 семестр		
Аудиторные занятия	68	68		
в том числе:	лекции	34	34	
	практические	-	-	
	лабораторные	34	34	
Самостоятельная работа	40	40		
в том числе: курсовая работа (проект)	-	-		
Форма промежуточной аттестации (экзамен – час.)	-	-		
Итого:	108	108		

#### 13.1. Содержание дисциплины

п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины	Реализация раздела дисциплины с помощью онлайн-курса, ЭУМК *
<b>1. Лекции</b>			
1.1	Введение в метрологию	Схема эксперимента. Способы графического представления результатов экспериментов. Классификация ошибок: погрешности и отклонения, абсолютные и относительные, систематические и случайные. Релятивизация. Рандомизация. Количественная оценка ошибок прямых и косвенных величин. Точность, правильность, воспроизводимость. Правила округления результатов прямых и косвенных измерений.	ЭУМК, <i>Курс:</i> <a href="#">Математическая обработка результатов эксперимента (очная, ФГОС3++) (vsu.ru)</a>
1.2	Основы теории вероятностей	Введение в теорию вероятностей: случайное событие, вероятность случайного события, классификация простых и сложных случайных событий. Теоремы сложения и умножения вероятностей. Формула полной вероятности. Формула Байеса.	ЭУМК, <i>Курс:</i> <a href="#">Математическая обработка результатов эксперимента (очная, ФГОС3++) (vsu.ru)</a>
1.3	Законы распределения случайных величин. Алгоритмы статистического анализа	Результат эксперимента как случайная величина. Законы распределения случайных величин. Нормальный закон распределения непрерывной случайной величины. Преобразование Лапласа. Оценка доверительной вероятности с помощью функции Лапласа. Выборочная совокупность. Распределение Стьюдента. Алгоритмы анализа выборок различного объема. Проверка статистических гипотез. Ошибки 1-го и 2-го рода. Проверка типа распределения (Правило 3 $\sigma$ , асимметрия и эксцесс, критерий Пирсона). Проверка выборки на наличие грубых промахов (Q-критерий, $\tau$ -критерий). Проверка гипотезы о равенстве средних (критерий Стьюдента). Проверка гипотезы о равенстве дисперсий (критерии Фишера, Кохрана, Бартлетта). Метод градуировочного графика. Статистический подход для оценки пределов обнаружения. Метод наименьших квадратов для построения линейных градуировочных зависимостей.	ЭУМК, <i>Курс:</i> <a href="#">Математическая обработка результатов эксперимента (очная, ФГОС3++) (vsu.ru)</a>

2. Лабораторные работы			
2.1	Введение в метрологию	Оценка инструментальной погрешности аналитического метода.	-
2.2	Основы теории вероятностей	Анализ представительной выборки с использованием статистического определения вероятности. Расчет вероятностей случайных событий.	-
2.3	Законы распределения случайных величин. Алгоритмы статистического анализа	Расчет параметров закона распределения случайной величины. Применение нормального закона распределения при обработке результатов физико-химического эксперимента. Выборочный анализ титриметрических данных. Проверка статистических гипотез	-
		Реализация алгоритма анализа малой выборки в программе Microsoft Excel.	ЭУМК, <a href="#">Курс: Математическая обработка результатов эксперимента (очная, ФГОС3++) (vsu.ru)</a>

\* заполняется, если отдельные разделы дисциплины изучаются с помощью онлайн-курса. В колонке Примечание необходимо указать название онлайн-курса или ЭУМК. В других случаях в ячейки ставятся прочерки.

### 13.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Виды занятий (количество часов)				
		Лекции	Практические	Лабораторные	Самостоятельная работа	Всего
1	Введение в метрологию	4	0	4	4	12
2	Основы теории вероятностей	4	0	4	12	20
3	Законы распределения случайных величин. Алгоритмы статистического анализа	26	0	26	24	76
	Итого:	34	0	34	40	108

### 14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

(рекомендации обучающимся по освоению дисциплины: указание наиболее сложных разделов, работа с конспектами лекций, презентационным материалом, рекомендации по выполнению курсовой работы, по организации самостоятельной работы по дисциплине и др)

### 15. Перечень основной и дополнительной литературы, ресурсов интернет, необходимых для освоения дисциплины (список литературы оформляется в соответствии с требованиями ГОСТ и используется общая сквозная нумерация для всех видов источников)

а) основная литература:

№ п/п	Источник
1	Смагунова, А. Н. Методы математической статистики в аналитической химии [Текст] : учеб. пособие для вузов / А. Н. Смагунова, О. М. Карпукова. – Ростов н/Д.: Феникс, 2012. – 346 с. : ил. – Библиогр.: с. 324-328. – ISBN 978-5-222-19507-9.

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
2	Аналитическая химия [Текст]. В 3 т. Т. 3. Химический анализ : учеб. для студ. высш. учеб. заведений / И. Г. Зенкевич [и др.] ; под. ред. Л. Н. Москвина. – М. : Академия 2010. – 364, [1] с. : ил., табл. – Библиогр.: с. 356-359. – ISBN 978-5-7695-3957-2.
3	Основы аналитической химии [Текст]. В 2 т. Т. 2. Методы химического анализа : учеб. для вузов / Н.В. Алов [и др.] ; под ред. Ю. А. Золотова – М. : Академия, 2014 . – 6-е изд., перераб. и доп. – 409, [1] с. : ил., табл. – Библиогр. в конце гл. – ISBN 978-5-4468-0518-1.

в) информационные электронно-образовательные ресурсы (официальные ресурсы интернет)\*:

№ п/п	Ресурс
4	ЭУМК, Курс: Математическая обработка результатов эксперимента (очная, ФГОС3++) (vsu.ru)
5	ЗНБ ВГУ, <a href="http://www.lib.vsu.ru/">www.lib.vsu.ru/</a>
6	«Аналитика-Мир профессионалов» ИНТЕРНЕТ ПОРТАЛ ХИМИКОВ-АНАЛИТИКОВ, <a href="http://www.anchem.ru/">http://www.anchem.ru/</a>
7	Бахтеев С.А., Метрологическое обеспечение лабораторных работ по аналитической химии : учебное пособие / Бахтеев С. А. - Казань : Издательство КНИТУ, 2017. - 140 с. - ISBN 978-5-7882-2286-8 - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <a href="http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785788222868.html">http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785788222868.html</a> . - Режим доступа : по подписке.

\* Вначале указываются ЭБС, с которыми имеются договора у ВГУ, затем открытые электронно-образовательные ресурсы, онлайн-курсы, ЭУМК

**16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы** (учебно-методические рекомендации, пособия, задачки, методические указания по выполнению практических (контрольных), курсовых работ и др.)

№ п/п	Источник
1	Паршина А.В. Математическая обработка результатов эксперимента [Текст] : методические указания к семинарским занятиям / А. В. Паршина, О. В. Бобрешова. – Воронеж : Издательско-полиграфический центр «Научная книга», 2021. – 28 с. – Библиогр.: с. 28. – 100 экз.

**17. Образовательные технологии, используемые при реализации учебной дисциплины, включая дистанционные образовательные технологии (ДОТ), электронное обучение (ЭО), смешанное обучение):**

При реализации учебной дисциплины используются элементы электронного обучения (ЭО) и дистанционные образовательные технологии (ДОТ) в части освоения лекционного материала, проведения текущей и промежуточной аттестации, проведения части лабораторных работ и самостоятельной работы обучающихся по дисциплине, позволяющие обеспечивать опосредованное взаимодействие (на расстоянии) преподавателей и обучающихся, включая инструменты электронной информационно-образовательной среды ВГУ «Электронный университет ВГУ» (<https://edu.vsu.ru>), проведение вебинаров, видеоконференций, взаимодействие в соцсетях, посредством электронной почты, мессенджеров. Для освоения дисциплины рекомендуется список литературы и ресурсы для электронного обучения (ЭО) (п. 15).

**18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:** (при использовании лабораторного оборудования указывать полный перечень, при большом количестве оборудования можно вынести данный раздел в приложение к рабочей программе)

- 4 компьютера.

**19. Оценочные средства для проведения текущей и промежуточной аттестаций**

По решению кафедры оценки за экзамен/зачет могут быть выставлены по результатам текущей аттестации обучающегося в семестре, но не ранее, чем на заключительном занятии. При несогласии студента с оценкой последний вправе сдавать экзамен/зачет на общих основаниях.

Порядок оценки освоения обучающимися учебного материала определяется содержанием следующих разделов дисциплины:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Компетенция(и)	Индикатор(ы) достижения компетенции	Оценочные средства
1.	Введение в метрологию	ОПК-1 ОПК-5	ОПК-1.1 ОПК-1.2 ОПК-1.3	Устный опрос, реферат № 1

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Компетенция(и)	Индикатор(ы) достижения компетенции	Оценочные средства
			ОПК-5.1 ОПК-5.2 ОПК-5.3	
2.	Основы теории вероятностей	ОПК-1 ОПК-5	ОПК-1.1 ОПК-1.2 ОПК-1.3 ОПК-5.1 ОПК-5.2 ОПК-5.3	Устный опрос, решение задач, реферат № 1
3.	Законы распределения случайных величин. Алгоритмы статистического анализа	ОПК-1 ОПК-5	ОПК-1.1 ОПК-1.2 ОПК-1.3 ОПК-5.1 ОПК-5.2 ОПК-5.3	Устный опрос, реферат № 2
Промежуточная аттестация форма контроля – зачет с оценкой				Билеты к зачету

## 20 Типовые оценочные средства и методические материалы, определяющие процедуры оценивания

### 20.1 Текущий контроль успеваемости

Контроль успеваемости по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств:

#### Реферат 1

*(наименование оценочного средства текущего контроля успеваемости)*

Перечень:

1. Закон сложения погрешностей. Следствия из закона накопления погрешностей. Геометрическая интерпретация закона сложения погрешностей.
2. Оценка повторяемости (сходимости) результатов анализа.
3. Оценка внутрилабораторной прецизионности результатов анализа.
4. Оценка воспроизводимости результатов анализа.

Описание технологии проведения: устный доклад с презентацией.

Требования к выполнению заданий (или шкалы и критерии оценивания):

Отлично – обучающийся в полной мере раскрыл тему; владеет базовыми знаниями по теме, полученными при работе с учебной литературой; демонстрирует применение теоретических основ для решения конкретных практических задач.

Хорошо – обучающийся владеет базовыми знаниями по теме, полученными при работе с учебной литературой; допускает неточности при их систематизации и применении для решения конкретных практических задач.

Удовлетворительно – обучающийся не в полной мере раскрыл тему (без обоснований, объяснений, примеров); базовые положения темы уточняет по дополнительным вопросам преподавателя.

Неудовлетворительно – ответ по теме фрагментарный.

#### Реферат 2

*(наименование оценочного средства текущего контроля успеваемости)*

Перечень:

1. Применение алгоритмов проверки выборок разного объема на наличие грубых промахов для анализа результатов физико-химического эксперимента.
2. Применение алгоритмов сравнения дисперсий выборок разного объема для анализа результатов физико-химического эксперимента.
3. Метод наименьших квадратов для построения линейных градуировочных зависимостей. Статистический подход для оценки погрешностей градуировочного уравнения.
4. Статистический подход для оценки пределов обнаружения.

Описание технологии проведения: устный доклад с презентацией.

Требования к выполнению заданий (или шкалы и критерии оценивания):

Отлично – обучающийся в полной мере раскрыл тему; владеет базовыми знаниями по теме, полученными при работе с учебной литературой; демонстрирует применение теоретических основ для решения конкретных практических задач.

Хорошо – обучающийся владеет базовыми знаниями по теме, полученными при работе с учебной литературой; допускает неточности при их систематизации и применении для решения конкретных практических задач.

Удовлетворительно – обучающийся не в полной мере раскрыл тему (без обоснований, объяснений, примеров); базовые положения темы уточняет по дополнительным вопросам преподавателя.

Неудовлетворительно – ответ по теме фрагментарный.

## 20.2 Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств:

Собеседование по билетам к зачету

---

*(наименование оценочного средства промежуточной аттестации)*

Перечень:

Перечень вопросов №1:

- 1) Случайное событие. Классическое и статистическое определения вероятности случайного события (с примерами).
- 2) Классификация случайных событий: невозможные, случайные, достоверные, зависимые, независимые, совместные, несовместные (с примерами).
- 3) Классификация ошибок: погрешности и отклонения, абсолютные и относительные, систематические (классификация, примеры) и случайные. Количественная оценка ошибок.
- 4) Точность, правильность, воспроизводимость, их количественная оценка. Правила округления.
- 5) Случайное событие. Сумма случайных событий (с примером). Теоремы сложения вероятностей.
- 6) Случайное событие. Произведение случайных событий (с примером). Теоремы умножения вероятностей.
- 7) Случайное событие. Полная группа случайных событий (с примером), противоположные случайные события (с примером). Условная вероятность, полная вероятность. Формула Байеса.
- 8) Косвенная величина. Количественная оценка ошибок косвенных величин. Правила округления косвенных величин.

Перечень вопросов №2:

- 1) Случайная величина. Дискретная, непрерывная случайная величина. Генеральная совокупность. Закон распределения случайной величины. Параметры закона распределения случайной величины (математическое ожидание, дисперсия, среднеквадратическое отклонение). Свойства параметров закона распределения случайной величины (докажите любое свойство математического ожидания и любое свойство дисперсии).
- 2) Случайная величина. Непрерывная случайная величина. Генеральная совокупность. Нормальный закон распределения непрерывной случайной величины (формулировка, графический и аналитический вид). Преобразование Лапласа, графический и аналитический вид закона Гаусса-Лапласа. Оценка доверительной вероятности с помощью функции Лапласа



(формула). Докажите, что параметры стандартного нормированного распределения непрерывной случайной величины Гаусса-Лапласа равны соответственно:  $\mu(u)=0$ ,  $\sigma(u)=1$ .

3) Случайная величина. Генеральная совокупность, математическое ожидание, дисперсия, среднеквадратическое отклонение. Выборочная совокупность, среднее значение, стандартное отклонение. Докажите, что дисперсия среднего значения выборки, объемом  $n$ , в  $n$  раз меньше дисперсии единичного значения. Распределение Стьюдента. Алгоритм анализа малой выборки.

4) Статистическая гипотеза. Нулевая и обратная статистические гипотезы. Общий алгоритм проверки статистической гипотезы. Принципиальный алгоритм проверки статистической гипотезы о принадлежности двух выборок к одной генеральной совокупности.

5) Статистическая гипотеза. Нулевая и обратная статистические гипотезы. Общий алгоритм проверки статистической гипотезы. Сформулируйте и докажите правило  $3\sigma$ . Алгоритмы проверки выборок разного объема ( $n \geq 50$ ,  $n \leq 30$ ,  $n \leq 10$ ) на наличие грубых промахов.

6) Статистическая гипотеза. Нулевая и обратная статистические гипотезы. Общий алгоритм проверки статистической гипотезы. Алгоритм проверки типа распределения случайной величины по критерию Пирсона.

Перечень вопросов №3:

1) Выполните статистический анализ результатов эксперимента (Е, мВ) при доверительной вероятности  $p=0.95$ : 70; 71; 73; 66; 69; 66; 65; 100.

2) Выполните статистический анализ результатов эксперимента (Е, мВ) при доверительной вероятности  $p=0.95$ : 84; 94; 86; 90; 84; 82; 85; 110.

3) Выполните статистический анализ результатов эксперимента (Е, мВ) при доверительной вероятности  $p=0.95$ : 123; 125; 125; 120; 128; 125; 123; 100.

4) Выполните статистический анализ результатов эксперимента (Е, мВ) при доверительной вероятности  $p=0.95$ : 138; 140; 143; 144; 143; 144; 144; 100.

5) Выполните статистический анализ результатов эксперимента (Е, мВ) при доверительной вероятности  $p=0.95$ : 182; 185; 183; 180; 186; 177; 180; 100.

6) Выполните статистический анализ результатов эксперимента (Е, мВ) при доверительной вероятности  $p=0.95$ : 188; 193; 199; 193; 194; 195; 189; 100.

7) Выполните статистический анализ результатов эксперимента (Е, мВ) при доверительной вероятности  $p=0.95$ : 224; 228; 213; 233; 221; 223; 224; 100.

8) Выполните статистический анализ результатов эксперимента (Е, мВ) при доверительной вероятности  $p=0.95$ : 65; 73; 62; 63; 72; 66; 66; 100.

9) Выполните статистический анализ результатов эксперимента (Е, мВ) при доверительной вероятности  $p=0.95$ : 76; 90; 77; 78; 82; 80; 82; 110.

10) Выполните статистический анализ результатов эксперимента (Е, мВ) при доверительной вероятности  $p=0.95$ : 123; 128; 121; 120; 123; 122; 119; 100.

11) Выполните статистический анализ результатов эксперимента (Е, мВ) при доверительной вероятности  $p=0.95$ : 194; 180; 188; 187; 197; 204; 194; 100.

12) Выполните статистический анализ результатов эксперимента (Е, мВ) при доверительной вероятности  $p=0.95$ : 166; 170; 183; 181; 183; 171; 181; 100.

13) Выполните статистический анализ результатов эксперимента (Е, мВ) при доверительной вероятности  $p=0.95$ : 140; 137; 142; 144; 147; 141; 131; 100.

14) Выполните статистический анализ результатов эксперимента (Е, мВ) при доверительной вероятности  $p=0.95$ : 118; 118; 111; 118; 122; 127; 117; 90.

15) Выполните статистический анализ результатов эксперимента (Е, мВ) при доверительной вероятности  $p=0.95$ : 208; 202; 213; 225; 213; 218; 217; 100.

16) Выполните статистический анализ результатов эксперимента (Е, мВ) при доверительной вероятности  $p=0.95$ : 185; 185; 195; 181; 191; 193; 190; 100.

17) Выполните статистический анализ результатов эксперимента (Е, мВ) при доверительной вероятности  $p=0.95$ : 172; 176; 182; 171; 181; 185; 179; 100.

18) Выполните статистический анализ результатов эксперимента (Е, мВ) при доверительной вероятности  $p=0.95$ : 133; 136; 146; 134; 143; 137; 137; 100.

- 19) Выполните статистический анализ результатов эксперимента (E, мВ) при доверительной вероятности  $p=0.95$ : 65; 69; 71; 77; 70; 65; 67; 100.
- 20) Выполните статистический анализ результатов эксперимента (E, мВ) при доверительной вероятности  $p=0.95$ : 121; 119; 129; 119; 118; 117; 123; 100.
- 21) Выполните статистический анализ результатов эксперимента (E, мВ) при доверительной вероятности  $p=0.95$ : 80; 79; 87; 88; 80; 78; 86; 110.
- 22) Выполните статистический анализ результатов эксперимента (E, мВ) при доверительной вероятности  $p=0.95$ : 65; 69; 71; 77; 70; 65; 67; 100.
- 23) Выполните статистический анализ результатов эксперимента (E, мВ) при доверительной вероятности  $p=0.95$ : 220; 230; 206; 214; 227; 226; 230; 100.
- 24) Выполните статистический анализ результатов эксперимента (E, мВ) при доверительной вероятности  $p=0.95$ : 121; 119; 129; 119; 118; 117; 123; 100.

Описание технологии проведения: собеседование по билетам.

Требования к выполнению заданий, шкалы и критерии оценивания:

Отлично (повышенный уровень сформированности компетенций) – обучающийся в полной мере владеет теоретическими основами дисциплины, способен иллюстрировать ответ примерами, фактами, данными научных исследований, применять теоретические знания для решения практических задач, что соответствует полному освоению компетенций;

Хорошо (базовый уровень сформированности компетенций) – обучающийся владеет теоретическими основами дисциплины, способен иллюстрировать ответ примерами, применять теоретические знания для решения практических задач, допускает незначительные ошибки, неточности, которые исправлены после замечания преподавателя, что соответствует не достаточно полному освоению компетенций.

Удовлетворительно (пороговый уровень сформированности компетенций) – ответ на контрольно-измерительный материал неполный, без обоснований, объяснений. Демонстрирует частичные знания учебного материала, значительные затруднения в вопросах решения практических задач, что показывает недостаточное владение компетенциями. Ошибки устраняются по дополнительным вопросам преподавателя.

Неудовлетворительно – ответ на контрольно-измерительный фрагментарный. Обучающийся демонстрирует несистематические, отрывочные знания, допускает грубые, принципиальные ошибки, которые не устранены после дополнительных наводящих вопросов, что соответствует не освоению компетенций.

### 20.3 Контроль освоения ОПК

#### Контроль освоения ОПК-1

##### ОПК-1. Тестовые вопросы

1. Какая из указанных ошибок является характеристикой воспроизводимости результатов эксперимента (выберите один вариант)?

**А стандартное отклонение**

Б абсолютная погрешность

В относительная погрешность

2. Какие принципы выполнения эксперимента могут быть использованы способы устранения систематических ошибок (выберите два варианта)?

А дублирование эксперимента

**Б релятивизация**

**В рандомизация**

Г проверка выборки на наличие грубых промахов

3. Какой этап отсутствует в алгоритме статистического анализа малой выборки (выберите один вариант)?

А проверка выборки на наличие грубых промахов

**Б сравнение дисперсий**

В расчет доверительного интервала

4. Какие статистические критерии используются для проверки гипотезы о принадлежности двух выборок одной генеральной совокупности (выберите два варианта)?

**А критерий Фишера**

Б критерий  $3\sigma$

**В критерий Стьюдента**

Г асимметрия и эксцесс

5. Среднее значение измеряемой величины составило 2.487, а ошибка его определения составила  $\pm 0.1268$ . Выберите вариант, в котором результат эксперимента представлен в соответствии с правилами округления.

**А  $2.48 \pm 0.13$**

Б  $2.5 \pm 0.1$

В  $2.4 \pm 0.13$

6. Если результат измерения рассчитан из результатов прямых измерений других величин, то измерение называют косвенным, а измеряемую величину – косвенной величиной. Верно ли данное утверждение?

**Верно**

7. Если распределение случайной величины подчиняется нормальному закону (закону Гаусса), то разброс ее значений относительно математического ожидания не превышает утроенное среднеквадратическое отклонение. Верно ли данное утверждение?

**Верно**

#### ОПК-1. Задания с коротким ответом

1. Какой тип ошибки характеризует любое отличие измеряемой величины от истинного значения?

**Погрешность**

2. Какой тип ошибки характеризует любое отличие измеряемой величины от среднего значения?

**Отклонение**

3. Как называют значение выборки, сильно отличающееся от других значений выборки (значимость отличия устанавливается путем проверки статистической гипотезы)?

**Грубый промах**

4. Если распределение случайной величины подчиняется нормальному закону (закону Гаусса), то при каком значении случайной величины функция плотности вероятности достигает максимума?

**Математическое ожидание**

5. Рассчитайте доверительный интервал, которому принадлежит ошибка среднего значения, если объем выборки  $n=16$ , коэффициент Стьюдента  $t=2.13$  (при числе степеней свободы выборки 15 и доверительной вероятности 0.95), стандартное отклонение  $s(x)=2$ . Запишите полученное значение с учетом правил округления.

**1.1**

#### ОПК-1. Задания с развернутым ответом

1. Оценка вероятности случайного события может быть выполнена по формуле  $p=n/m$ . Расшифруйте смысл параметров  $n$  и  $m$  для классического и статистического определения вероятности.

**По классическому определению вероятности  $n$  – число благоприятных данному случайному событию элементарных исходов,  $m$  – число всех возможных элементарных исходов.**

**По статистическому определению вероятности  $n$  – число появлений случайного события в испытаниях,  $m$  – общее число испытаний.**

2. Дайте определение таким метрологическим понятиям как точность, правильность и воспроизводимость.

**Точность – малость ошибки или близость измеренного значения к истинному.**

**Правильность – малость систематической ошибки или близость среднего значения к истинному.**

**Воспроизводимость – малость случайной ошибки или близость измеренного значения к среднему.**

3. Сформулируйте, в чем состоит основное отличие систематической и случайной ошибок.

**Систематическая ошибка – постоянная по величине и знаку ошибка, которую необходимо учесть или устранить.**

**Случайная ошибка – переменная по величине и знаку ошибка, которую невозможно устранить при выполнении эксперимента.**

4. В чем состоит нормальный закон распределения непрерывной случайной величины (закон Гаусса)? Дайте определение параметрам закона распределения случайной величины (математическое ожидание, дисперсия).

**Если вероятность значений непрерывной случайной величины тем выше, чем ближе они к математическому ожиданию, тогда распределение случайной величины подчиняется нормальному закону (закону Гаусса).**

**Математическое ожидание – среднее значение из всех возможных значений случайной величины (генеральное среднее).**

**Дисперсия – математическое ожидание квадрата отклонения значений случайной величины от ее математического ожидания.**

5. Что такое статистическая гипотеза и каков общий принципиальный алгоритм проверки статистической гипотезы?

**Статистическая гипотеза – предположение о типе распределения или о свойствах параметров распределения случайной величины.**

**Алгоритм проверки статистической гипотезы включает следующие этапы: формулировка нулевой гипотезы; задание уровня значимости (или доверительной вероятности) на котором будет сделан вывод о справедливости или несправедливости гипотезы; выбор и расчет критерия проверки; сравнение рассчитанного значения критерия с его критическим значением. Критическое (максимально допустимое) значение критерия находят в соответствующей статистической таблице при заданном уровне значимости и числе степеней свободы. Если рассчитанное значение критерия не превышает критическое, то нулевая статистическая гипотеза верна, в противном случае верна обратная статистическая гипотеза.**

### **Контроль освоения ОПК-5**

#### ОПК-5. Тестовые вопросы

1. Каковы основные показатели правильности результатов эксперимента (выберите два варианта)?

А стандартное отклонение

Б доверительный интервал

**В абсолютная погрешность**

**Г относительная погрешность**

2. Какие критерии могут быть использованы для статистической оценки значимости отличий результатов эксперимента (выберите два варианта)?

**А критерий Стьюдента**

Б Q-критерий

В  $\tau$ -критерий

**Г критерий Фишера**

3. Среднее значение измеряемой величины составило 34.15, а ошибка его определения составила  $\pm 1.02$ . Выберите вариант, в котором результат эксперимента представлен в соответствии с правилами округления.

А  $34.15 \pm 1.02$

**Б  $34.2 \pm 1.0$**

В  $34 \pm 1$

4. Какая функция в программе EXCEL позволяет выполнить расчет доверительного интервала (выберите один вариант)?

А СТАНДОТКЛОН (или СТАНДОТКЛОН.В)

Б ДИСП (или ДИСП.В)

**В ДОВЕРИТ (или ДОВЕРИТ.СТЬЮДЕНТ)**

Г СРЗНАЧ

5. Какие функции в программе EXCEL могут быть использованы при реализации алгоритма проверки выборки на наличие грубых промахов по t-критерию (выберите четыре варианта)?

**А МИН**

**Б СТАНДОТКЛОН (или СТАНДОТКЛОН.В)**

В ДИСП (или ДИСП.В)

**Г МАКС**

Д ДОВЕРИТ (или ДОВЕРИТ.СТЬЮДЕНТ)

Е СРЗНАЧ

Ж СУММ

6. Распределение Стьюдента позволяет выполнить статистический анализ выборки, объемом не более 30. Верно ли данное утверждение?

**Верно**

7. Если распределение случайной величины подчиняется нормальному закону (закону Гаусса), то для любой совокупности значений данной величины может быть установлена вероятность попадания ее значений в заданный доверительный интервал с помощью значений функции Лапласа. Верно ли данное утверждение?

**Неверно**

#### ОПК-5. Задания с коротким ответом

1. Какой параметр выборки может быть рассчитан как отношение суммы всех вариантов к объему выборки?

**Среднее значение**

2. Какой параметр (выраженный в тех же единицах измерения, что и измеряемая величина) выборки характеризует средний разброс вариант относительно среднего значения?

**Стандартное отклонение**

3. Какой критерий может быть использован для проверки выборки на наличие грубых промахов, если объем выборки менее 30?

**t-критерий**

4. Какой критерий может быть использован для проверки выборки на наличие грубых промахов, если объем выборки менее 10?

**Q-критерий**

5. Рассчитайте доверительный интервал, которому принадлежит ошибка среднего значения, если объем выборки  $n=9$ , коэффициент Стьюдента  $t=2.31$  (при числе степеней свободы выборки 8 и доверительной вероятности 0.95), стандартное отклонение  $s(x)=0.5$ . Запишите полученное значение с учетом правил округления.

**0.4**

#### ОПК-5. Задания с развернутым ответом

1. Дайте определение таким понятиям как измерение величины, прямое измерение, косвенное измерение.

**Измерение величины – сравнение данной величины с однородной величиной, принятой за единицу, с помощью средства измерения.**

**Если величина непосредственно сопоставляется с носителем единицы измерения, то измерение является прямым.**

**Если результат измерения рассчитан из результатов прямых измерений других величин, то измерение называют косвенным.**

2. В чем состоит принцип дублирования эксперимента? Как называется совокупность данных, полученных при дублировании эксперимента?

**Дублирование эксперимента – повтор измерений при одних и тех же условиях, заданных исследователем.**

**Совокупность данных, полученных при дублировании эксперимента, называют выборкой или выборочной совокупностью.**

3. Сформулируйте принципы релятивизации и рандомизации, используемые для устранения систематических ошибок при выполнении эксперимента.

**Релятивизация – выполнение измерений относительно объекта сравнения, т.е. рассмотрение разности результатов измерений для объекта исследования и объекта сравнения. Рандомизация – прием, переводящий систематические ошибки в разряд случайных посредством варьирования одновременно нескольких составляющих эксперимента без нарушения условий дублирования эксперимента.**

4. Изложите принципиальный алгоритм статистического анализа малой выборки (укажите последовательность действий без формул).

**Задать уровень значимости (или доверительной вероятности) на котором будет выполнен анализ. Проверить выборку на наличие грубых промахов. Рассчитать среднее значение выборки. Рассчитать стандартное отклонение. Рассчитать доверительный интервал (для расчета доверительного интервала следует использовать табличное значение коэффициента Стьюдента при заданном уровне значимости (или доверительной вероятности) и числе степеней свободы, на единицу меньшей объема выборки). Представить результат эксперимента с учетом правил округления.**

5. Изложите принципиальный алгоритм проверки гипотезы о принадлежности нескольких выборок одной генеральной совокупности (укажите последовательность действий без формул).

**Задать уровень значимости (или доверительной вероятности) на котором будет выполнен анализ. Проверить выборки на наличие грубых промахов и рассчитать основные параметры выборок (среднее значение, дисперсию). Выполнить статистическое сравнение дисперсий выборок для проверки гипотезы о равенстве дисперсий генеральных совокупностей, которым принадлежат выборки. Выполнить статистическое сравнение средних значений выборок для проверки гипотезы о равенстве математических ожиданий генеральных совокупностей, которым принадлежат выборки. Гипотеза о принадлежности выборок одной генеральной совокупности верна, если и дисперсии, и средние значения выборок различаются незначимо (то есть если верна и гипотеза о равенстве дисперсий генеральных совокупностей, которым принадлежат выборки, и гипотеза о равенстве математических ожиданий генеральных совокупностей, которым принадлежат выборки).**

Задания раздела 20.3 (образовательный портал «Электронный университет ВГУ» в разделе «Электронные курсы» → «Химический факультет» → «Кафедра аналитической химии» → «Математическая обработка результатов эксперимента» <https://edu.vsu.ru/enrol/index.php?id=9740>) могут быть использованы при проведении диагностических работ с целью оценки остаточных знаний по результатам освоения данной дисциплины