

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"  
Химический институт им. А.М. Бутлерова



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по образовательной деятельности КФУ

Проф. Д.А. Гаурский

(ДО КФУ)

» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

подписано электронно-цифровой подписью

### Программа дисциплины

Основы научных исследований и метрология Б1.В.ОД.4

Специальность: 04.05.01 - Фундаментальная и прикладная химия

Специализация: Физическая химия

Квалификация выпускника: Химик. Преподаватель химии

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

**Автор(ы):**

Улахович Н.А.

**Рецензент(ы):**

Кутырева М.П.

### **СОГЛАСОВАНО:**

Заведующий(ая) кафедрой: Амиров Р. Р.

Протокол заседания кафедры No \_\_\_\_ от " \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 201\_\_ г

Учебно-методическая комиссия Химического института им. А.М. Бутлерова:

Протокол заседания УМК No \_\_\_\_ от " \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 201\_\_ г

Регистрационный No 723918

Казань  
2018

## Содержание

1. Цели освоения дисциплины
2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы
3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля
4. Структура и содержание дисциплины/ модуля
5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения
6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов
7. Литература
8. Интернет-ресурсы
9. Материально-техническое обеспечение дисциплины/модуля согласно утвержденному учебному плану

Программу дисциплины разработал(а)(и) профессор, д.н. (профессор) Улахович Н.А. Кафедра неорганической химии Химический институт им. А.М. Бутлерова, Nikolay.Ulakhovich@kpfu.ru

### 1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины "Основы научных исследований и метрология" является подготовка к научно-исследовательской и педагогической деятельности, связанной с методами регистрации и обработки результатов химических экспериментов и проведением исследований в области аналитического контроля и получения количественных параметров химических равновесий. В результате освоения данной дисциплины должны быть сформированы представления об отдельных областях приложения математики, математической статистики и компьютерной техники для решения задач аналитической химии и других химических дисциплин, имеющих дело с большими наборами экспериментальных данных. При освоении дисциплины студенты получают обзорные знания о способах проверки гипотез, корреляционных и регрессионных зависимостях, а также о перспективах развития методологии оценки как истинного значения измеряемой величины, так и параметров эмпирических формул.

### 2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы высшего профессионального образования

Данная учебная дисциплина включена в раздел " Б1.В.ОД.4 Дисциплины (модули)" основной образовательной программы 04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия и относится к обязательным дисциплинам. Осваивается на 2 курсе, 4 семестр.

Дисциплина 'Основы научных исследований и метрология' относится к вариативной части блока дисциплин. Она базируется на знаниях и умениях, выработанных при прохождении общих курсов базовой части цикла Б2 и Б3: 'Неорганическая химия' (расчеты параметров химических равновесий), 'Аналитическая химия' (количественный анализ) и 'Высшая математика' (теория вероятностей). Полученные при освоении дисциплины знания и умения облегчают освоение дисциплин 'ЭВМ в химии' и 'Аналитическая химия' (инструментальные методы анализа).

### 3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ОК-7 (общекультурные компетенции)	готовностью к саморазвитию, самореализации, использованию творческого потенциала
ОПК-3 (профессиональные компетенции)	способностью использовать теоретические основы фундаментальных разделов математики и физики в профессиональной деятельности

В результате освоения дисциплины студент:

1. должен знать:

основы математической статистики, общие закономерности и методологию применения способов расчета различных погрешностей при получении экспериментальных данных.

2. должен уметь:

самостоятельно определять параметры распределения, проводить проверку характера распределения, оценивать случайные и систематические погрешности.

3. должен владеть:

навыками планирования и интерпретации результатов эксперимента при метрологической аттестации химического состава различных объектов.

4. должен демонстрировать способность и готовность:

Владение основами теории фундаментальных разделов химии (прежде всего высшей математики и аналитической химии) (ПК-2).

Способность применять основные законы химии при обсуждении полученных результатов, в том числе с привлечением информационных баз данных (ПК-3).

#### 4. Структура и содержание дисциплины/ модуля

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетных(ые) единиц(ы) 72 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины зачет в 4 семестре.

Суммарно по дисциплине можно получить 100 баллов, из них текущая работа оценивается в 50 баллов, итоговая форма контроля - в 50 баллов. Минимальное количество для допуска к зачету 28 баллов.

86 баллов и более - "отлично" (отл.);

71-85 баллов - "хорошо" (хор.);

55-70 баллов - "удовлетворительно" (удов.);

54 балла и менее - "неудовлетворительно" (неуд.).

#### 4.1 Структура и содержание аудиторной работы по дисциплине/ модулю

##### Тематический план дисциплины/модуля

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
1.	Тема 1. Введение. Общие сведения об измерениях физических величин. Основные принципы подходы к измерениям. Измерительное преобразование. Размер и значение физической величины.	4	1	2	0	0	Письменное домашнее задание
2.	Тема 2. Основные и производные величины. Размерность. Система физических величин и система единиц.	4	2	2	0	0	Письменное домашнее задание

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
3.	Тема 3. Общие вопросы теории измерений. Классификация измерений. Принципы, методы и методики измерения. Средства измерений. Условия измерений. Свойства состояния измерений. Погрешности измерений.	4	3	2	0	0	Письменное домашнее задание
4.	Тема 4. Эталоны физических величин. Передача размеров единиц физических величин. Погрешности средств измерений и их нормирование.	4	4	2	0	0	Письменное домашнее задание
5.	Тема 5. Общие понятия математической статистики. Генеральная совокупность и выборка. Параметры распределения. Математическое ожидание случайной величины. Дисперсия случайной величины.	4	5	2	0	0	Письменное домашнее задание
6.	Тема 6. Нормальное распределение. Функция нормального распределения. Принципы, лежащие в основе закона нормального распределения.	4	6	2	0	0	Тестирование

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
7.	Тема 7. Моменты непрерывного распределения. Равномерное распределение. Некоторые специальные распределения. Распределение Стюдента. Распределение Фишера.	4	7	2	0	0	Письменное домашнее задание
8.	Тема 8. Разбор конкретной ситуации: Проверка нормальности распределения выборки из 100 измерений построением гистограммы и использованием критерия Пирсона.	4	8	2	0	0	Письменное домашнее задание
9.	Тема 9. Сравнение дисперсий. Сравнение двух дисперсий. Сравнение нескольких дисперсий. Выделение большей дисперсии из многих. Подозрительно выделяющиеся значения (промахи).	4	9	2	0	0	Письменное домашнее задание
10.	Тема 10. Условия применения методов математической статистики и проверка выполнения этих условий	4	10	2	0	0	Коллоквиум
11.	Тема 11. Оценка случайной погрешности. Прецизионность, сходимость и воспроизводимость. Повторяемость. Внутрилабораторный контроль качества измерений.	4	11	2	0	0	Письменное домашнее задание

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
12.	Тема 12. Оценка систематической погрешности: по стандартному образцу, сравнением результатов двух независимых методов, варьированием массы пробы. Способы устранения систематической погрешности. Межлабораторные эксперименты.	4	12	2	0	0	Тестирование
13.	Тема 13. Распределение дискретных случайных величин. Распределение Пуассона. Биноминальное распределение.	4	13	2	0	0	Письменное домашнее задание
14.	Тема 14. Корреляционный и регрессионный анализы. Проверка взаимосвязи двух физических величин. Метод наименьших квадратов.	4	14	2	0	0	Письменное домашнее задание
15.	Тема 15. Обеспечение качества химических измерений. Робастность, селективность и специфичность. Планирование эксперимента и оценка статистических характеристик методики анализа.	4	15	2	0	0	Письменное домашнее задание
16.	Тема 16. Разбор конкретной ситуации: Аттестация методики количественного анализа воздуха рабочей зоны.	4	16	2	0	0	Письменное домашнее задание

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
17.	Тема 17. Концепция неопределенности в химических измерениях (круглый стол с приглашением ведущих специалистов в области метрологии).	4	17	2	0	0	Письменное домашнее задание
18.	Тема 18. Контрольная работа 1 (метрологические характеристики методик количественного химического анализа)	4	18	2	0	0	Контрольная работа
.	Тема . Итоговая форма контроля	4		0	0	0	Зачет
	Итого			36	0	0	

#### 4.2 Содержание дисциплины

**Тема 1. Введение. Общие сведения об измерениях физических величин. Основные принципы подходы к измерениям. Измерительное преобразование. Размер и значение физической величины.**

**лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Определение метрологии. Единство измерений. Теоретическая метрология (теория измерений, создание теоретических основ построения систем единиц и эталонов, разработка теории погрешностей). Прикладная метрология (вопросы практического измерения в различных сферах, повышение точности, обеспечение автоматизации). Законодательная метрология (государственные стандарты). Основополагающие принципы метрологии (аксиомы).

**Тема 2. Основные и производные величины.Размерность. Система физических величин и система единиц.**

**лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Этапы развития метрологии (Метрическая конвенция 1875 г., Международное бюро мер и весов, Главная палата мер и весов в Петербурге). Передача размера единиц средствами измерений (государственные эталоны, вторичные эталоны, образцовые средства измерений, рабочие средства измерений). Качество измерений. Свойства состояния измерений (точность, сходимость, воспроизводимость, быстрота получения результатов). Классификация измерений: 1. Равноточные, неравноточные. 2. Однократные, многократные. 3. Статические, динамические. 4. Метрологические, технические. 5. Абсолютные, относительные. 6. Прямые, косвенные, совместные, совокупные. Средства измерений. Контроль неизменности размера единиц во времени.

**Тема 3. Общие вопросы теории измерений. Классификация измерений. Принципы, методы и методики измерения. Средства измерений. Условия измерений. Свойства состояния измерений. Погрешности измерений.**

**лекционное занятие (2 часа(ов)):**



Классификация погрешностей: 1. По способу выражения (абсолютные и относительные). 2. В зависимости от того завышают или занижают результат (положительные и отрицательные). 3. По типу связи между погрешностью и измеряемой величиной (постоянные и пропорциональные). 4. В зависимости от характера причин, вызывающих погрешность (систематические и случайные). 5. По источникам происхождения (инструментальные, реагентные, методические). 6. Прямые и косвенные. Систематические погрешности. Правильность измерений. Постоянные и пропорциональные систематические погрешности. Три способа оценки систематических погрешностей. Типы систематических погрешностей. Первый тип ? погрешности известной природы, значения которых могут быть предварительно рассчитаны. Второй тип ? известной природы, значения которых неизвестны, но могут быть оценены в ходе эксперимента. Сюда относятся инструментальные, реагентные и методические погрешности. Третий тип ? причины и погрешности неизвестны, выявить не представляется возможным.

#### **Тема 4. Эталоны физических величин. Передача размеров единиц физических величин. Погрешности средств измерений и их нормирование.**

##### **лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Релятивизация - определение или измерение относительно некоторого другого объекта. Результат определяют по разности таким образом, что систематические погрешности взаимно исключаются. Рандомизация - перевод систематических погрешностей в разряд случайных. Основана на том, что систематическая погрешность единичного явления (прибора, метода, исполнителя) при рассмотрении ее в более широком классе однотипных явлений (серия приборов, группа методов, коллектив исполнителей) становится величиной переменной (случайной).

#### **Тема 5. Общие понятия математической статистики. Генеральная совокупность и выборка. Параметры распределения. Математическое ожидание случайной величины. Дисперсия случайной величины.**

##### **лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Релятивизация - определение или измерение относительно некоторого другого объекта. Результат определяют по разности таким образом, что систематические погрешности взаимно исключаются. Рандомизация - перевод систематических погрешностей в разряд случайных. Основана на том, что систематическая погрешность единичного явления (прибора, метода, исполнителя) при рассмотрении ее в более широком классе однотипных явлений (серия приборов, группа методов, коллектив исполнителей) становится величиной переменной (случайной). Лекция 5. Случайные погрешности (это не число, а функция случая). Случайная величина определяется областью изменения и вероятностью, с которой она попадает в тот или иной интервал. Дискретные и непрерывные случайные величины. Генеральная и выборочная совокупности величин.

#### **Тема 6. Нормальное распределение. Функция нормального распределения. Принципы, лежащие в основе закона нормального распределения.**

##### **лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Параметры распределения случайных величин (математическое ожидание, дисперсия случайной величины). Математическое ожидание непрерывной случайной величины. Математическое ожидание непрерывной случайной величины. Средневзвешенное значение дискретной случайной величины. Свойства математического ожидания. Дисперсия непрерывной и конечнозначной случайной величины. Дисперсия выборочной совокупности. Свойства дисперсии. Математическое ожидание среднего результата (математическое ожидание случайной величины). Дисперсия среднего результата. Стандартное отклонение среднего результата (частное от деления стандартного отклонения на корень квадратный из объема выборки).

#### **Тема 7. Моменты непрерывного распределения. Равномерное распределение. Некоторые специальные распределения. Распределение Стюдента. Распределение Фишера.**

##### **лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Гистограммы и распределение. Пример гистограммы дискретной величины. Взвешенная сумма. Весовой множитель. Условие нормировки чисел. Нормальное распределение. Функция Гаусса. Предельное распределение. Нормировочный множитель (выражение для его расчета получаем последовательными подстановками в формулу для функции нормального распределения). Принципы, лежащие в основе закона нормального распределения: 1. Принцип симметрии (вероятности одинаковых по величине, но обратных по знаку случайных погрешностей равны). 2. Первая производная равна нулю, если значение случайной величины совпадает с истинной величиной (средним значением результата). Для результатов измерения равных среднему арифметическому на кривой распределения наблюдается максимум. Закон нормального распределения предполагает вероятность случайных погрешностей тем меньшую, чем больше их абсолютное значение. 3. Максимальная вероятность сложного события отвечает минимальной сумме квадратов отклонений величин от среднего результата, т.е. закон нормального распределения включает в себя принцип наименьших квадратов. 4. Кривая функции нормального распределения имеет две симметричные относительно вертикальной оси точки перегиба (вторая производная равна нулю) на расстояниях от центра рассеяния, равных стандартному генеральному отклонению.

### **Тема 8. Разбор конкретной ситуации: Проверка нормальности распределения выборки из 100 измерений построением гистограммы и использованием критерия Пирсона.**

#### **лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Зависимость вида кривой нормального распределения от величины генерального стандартного отклонения (определяет степень "размытости" кривой). Величина истинного значения (среднего результата) определяет положение кривой распределения на оси абсцисс. Точке перегиба кривой отвечает значение абсциссы, равное стандартному отклонению. Вероятность того, что случайная погрешность отдельного измерения не превышает по абсолютному значению стандартное отклонение, равна 68 % (двух стандартных отклонений - 95.4 %, трех - 99.7 %).

### **Тема 9. Сравнение дисперсий. Сравнение двух дисперсий. Сравнение нескольких дисперсий. Выделение большей дисперсии из многих. Подозрительно выделяющиеся значения (промахи).**

#### **лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Оценка характера распределения. В качестве примера рассматриваем выборку из 100 измерений определения меди в образце (от 600 до 621 мг найдено). Средний результат 610 мг. Стандартное отклонение равно 4 мг. Все результаты разбиваем на классы таким образом, чтобы каждый класс объединял результаты измерений на интервале шириной в половину стандартного отклонения. Строим гистограмму. В точке максимума частота попадания в определенный класс составляет 0.19. Используя это значение находим стандартное отклонение. Получаем 4.2. Этот результат практически совпадает с теоретическим значением (4.0), что позволяет считать полученную выборку нормально распределенной. По данным гистограммы может быть проведена и более строгая количественная оценка соответствия выборки нормальному распределению по критерию Пирсона (хи-квадрат ? критерий). Сравнение экспериментальных и теоретических частот попадания в данный класс позволяет на заданном уровне вероятности решить вопрос о характере распределения.

### **Тема 10. Условия применения методов математической статистики и проверка выполнения этих условий**

#### **лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Для этого используем функцию Лапласа. Данный интеграл вероятности обладает симметрией относительно знака при величине  $z$ , которая представляет собой частное от деления отклонения от среднего результата на стандартное отклонение. Обычно в таблице против соответствующего значения  $z$  приведено значение интеграла вероятности (функция Лапласа). Таким образом для каждого класса находим хи-квадрат. Если сумма полученных значений не превышает теоретического значения (табличного значения) на заданном уровне вероятности, то выборка распределена нормально.

### **Тема 11. Оценка случайной погрешности. Прецизионность, сходимости и воспроизводимость. Повторяемость. Внутрилабораторный контроль качества измерений.**

### **лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Оценка характера распределения при выборке ограниченного объема (число определений не превышает 20). В этом случае вычисляют два параметра асимметрию (A) и эксцесс (E). Для симметричных распределений  $A = 0$ . Для распределений, вытянутых в сторону больших значений, A больше 0. Для распределений, имеющих "хвост" в сторону малых значений, A меньше 0. Положительное значение A встречается чаще. Далее рассчитывают по формуле дисперсию асимметрии. Если модуль асимметрии не превышает утроенный корень квадратный из дисперсии асимметрии, то выборка распределена нормально. Положительный E соответствует распределению более островершинному, чем нормальному (отрицательный наоборот). Если модуль эксцесса не превышает пятикратный корень квадратный из дисперсии эксцесса, то выборка распределена нормально.

### **Тема 12. Оценка систематической погрешности: по стандартному образцу, сравнением результатов двух независимых методов, варьированием массы пробы. Способы устранения систематической погрешности. Межлабораторные эксперименты.**

#### **лекционное занятие (2 часа(ов)):**

t-Распределение. Для определения совокупностей результатов измерений ограниченного объема используют распределение Стьюдента, которое связывает между собой три основные характеристики: ширину доверительного интервала, соответствующую ему вероятность, объем выборочной совокупности. Для определения критерия Стьюдента (t) необходимо предварительно рассчитать среднее значение и стандартное отклонение. Высота и ширина кривой t-распределения зависят от числа степеней свободы. Если число степеней свободы стремится к бесконечности, то t-распределение переходит в нормальное распределение. Грубые погрешности (промахи) и способы их устранения. Выбор критерия для исключения сомнительного результата имеет свои трудности. Универсального правила не существует. Используют: 1. Q-Критерий (если расчетное значение меньше табличного, то результат не является грубым промахом. В противном случае результат исключают). 2. Результат является промахом, если его отклонение от среднего значения превышает частное от деления утроенного стандартного отклонения на корень квадратный из объема выборки. 3. Промахом считают результат, лежащий за интервалом, ограничивающим средний результат критическим значением, которое находят умножая величину параметра тау-критического на стандартное отклонение.

### **Тема 13. Распределение дискретных случайных величин. Распределение Пуассона. Биноминальное распределение.**

#### **лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Оценка систематической погрешности. Существует три основных способа: 1. По стандартным образцам (СО). Расхождение экспериментально найденного результата и теоретически рассчитанного оценивают с помощью t-критерия. 2. Сравнение результатов двух независимых методов. Сначала рассчитывают средневзвешенное стандартное отклонение, а потом оценивают t-критерий. Для этого частное от деления разности средних результатов двух независимых методов на средневзвешенное стандартное отклонение умножают на корень квадратный из комбинации объемов двух выборок. Обязательным условием является равнозначность результатов, полученных двумя независимыми методами. Если рассчитанное значение t-критерия меньше табличной величины, то систематическую погрешность можно считать незначимой. 3. Для оценки постоянной систематической погрешности проводят многократное определение содержания компонента и параллельное многократное определение содержания того же компонента удвоенного размера. Для оценки пропорциональной погрешности проводят серию параллельных измерений пробы, содержащей добавку определяемого компонента. Затем сравнивают средний результат со средним результатом, полученным в первой серии измерений для пробы, не содержащей добавки. Условием незначимости систематической погрешности является тот факт, что постоянная систематическая погрешность не превышает произведения t-критерия на стандартное отклонение постоянной систематической погрешности. Кроме того, пропорциональная систематическая погрешность за вычетом единицы не должна превышать произведение t-критерия на стандартное отклонение пропорциональной систематической погрешности.

#### **Тема 14. Корреляционный и регрессионный анализы. Проверка взаимосвязи двух физических величин. Метод наименьших квадратов.**

##### **лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Сравнение нескольких дисперсий. Выборочные дисперсии считают однородными (а результаты равнозначными), если значение критерия Бартлета меньше хи-квадрат-критерия на заданном уровне значимости. Для расчета критерия Бартлета необходимы значения средневзвешенной дисперсии, выборочных дисперсий и числа степеней свободы. Если объемы всех выборочных совокупностей равны, однородность дисперсий и пригодность результатов для совместной обработки проверяют с помощью критерия Кохрана.

#### **Тема 15. Обеспечение качества химических измерений. Робастность, селективность и специфичность. Планирование эксперимента и оценка статистических характеристик методики анализа.**

##### **лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Показатели эффективности химического анализа. Чувствительность. Коэффициент чувствительности ( значение первой производной градуировочной функции). Величина коэффициента чувствительности характеризует скорость изменения аналитического сигнала с изменением концентрации. Предел обнаружения. (количество вещества, которое может быть обнаружено с помощью данного метода с достаточной вероятностью). Предел обнаружения может быть задан и минимальным аналитическим сигналом, который можно уверенно отличать от сигнала контрольного опыта.

#### **Тема 16. Разбор конкретной ситуации: Аттестация методики количественного анализа воздуха рабочей зоны.**

##### **лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Аттестация методик измерений на примере методики количественного химического анализа. Цель аттестации - установить пригодность методики для получения ответа на заданные вопросы с требуемой надежностью. Для этого надо оценить правильность поставленных задач и затем доказать, возможно ли их решение. Понятие аттестация включает весь аналитический процесс: 1. Моделирование процедуры. 2. Отбор пробы. 3. Подготовка пробы. 4. Измерение. 5. Обработка данных. В ходе аттестации следует определить, какая из методик анализа с точки зрения показателей эффективности пригодна для решения данной задачи с заданной и доверительной вероятностью.

#### **Тема 17. Концепция неопределенности в химических измерениях (круглый стол с приглашением ведущих специалистов в области метрологии).**

##### **лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Концепция неопределенности в химических измерениях. Фундаментальные понятия химической метрологии. Понятием "неопределенность" предлагается заменить "погрешность" с целью устранения разделения погрешностей на "случайные" и "систематические". Понятие "неопределенность" включает в себя как те так и другие погрешности.

#### **Тема 18. Контрольная работа 1 (метрологические характеристики методик количественного химического анализа)**

##### **лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Контрольная работа. Примеры билетов для контрольной работы по дисциплине "Основы научных исследований и метрология"

### **4.3 Структура и содержание самостоятельной работы дисциплины (модуля)**

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
1.	Тема 1. Введение. Общие сведения об измерениях физических величин. Основные принципы подходы к измерениям. Измерительное преобразование. Размер и значение физической величины.	4	1	подготовка домашнего задания	2	домашнее задание
2.	Тема 2. Основные и производные величины.Размерность. Система физических величин и система единиц.	4	2	подготовка домашнего задания	2	домашнее задание
3.	Тема 3. Общие вопросы теории измерений. Классификация измерений. Принципы, методы и методики измерения. Средства измерений. Условия измерений. Свойства состояния измерений. Погрешности измерений.	4	3	подготовка домашнего задания	2	домашнее задание
4.	Тема 4. Эталоны физических величин. Передача размеров единиц физических величин. Погрешности средств измерений и их нормирование.	4	4	подготовка домашнего задания	2	домашнее задание
5.	Тема 5. Общие понятия математической статистики. Генеральная совокупность и выборка. Параметры распределения. Математическое ожидание случайной величины. Дисперсия случайной величины.	4	5	подготовка домашнего задания	2	домашнее задание

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
6.	Тема 6. Нормальное распределение. Функция нормального распределения. Принципы, лежащие в основе закона нормального распределения.	4	6	подготовка к тестированию	2	тестирование
7.	Тема 7. Моменты непрерывного распределения. Равномерное распределение. Некоторые специальные распределения. Распределение Стьюдента. Распределение Фишера.	4	7	подготовка домашнего задания	2	домашнее задание
8.	Тема 8. Разбор конкретной ситуации: Проверка нормальности выборки из 100 измерений построением гистограммы и использованием критерия Пирсона.	4	8	подготовка домашнего задания	2	домашнее задание
9.	Тема 9. Сравнение дисперсий. Сравнение двух дисперсий. Сравнение нескольких дисперсий. Выделение большей дисперсии из многих. Подозрительно выделяющиеся значения (промахи).	4	9	подготовка домашнего задания	2	домашнее задание
10.	Тема 10. Условия применения методов математической статистики и проверка выполнения этих условий	4	10	подготовка к коллоквиуму	2	коллоквиум

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
11.	Тема 11. Оценка случайной погрешности. Прецизионность, сходимос ть и воспроизводимос ть. Повторяемос ть. Внутрелабораторный контроль качества измерений.	4	11	подготовка домашнего задания	2	домашнее задание
12.	Тема 12. Оценка систематической погрешности: по стандартному образцу, сравнением результатов двух независимых методов, варьированием массы пробы. Способы устранения систематической погрешности. Межлабораторные эксперименты.	4	12	подготовка к тестированию	2	тестирование
13.	Тема 13. Распределение дискретных случайных величин. Распределение Пуассона. Биноминальное распределение.	4	13	подготовка домашнего задания	2	домашнее задание
14.	Тема 14. Корреляционный и регрессионный анализы. Проверка взаимосвязи двух физических величин. Метод наименьших квадратов.	4	14	подготовка домашнего задания	2	домашнее задание
15.	Тема 15. Обеспечение качества химических измерений. Робастность, селективность и специфичность. Планирование эксперимента и оценка статистических характеристик методики анализа.	4	15	подготовка домашнего задания	2	домашнее задание

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
16.	Тема 16. Разбор конкретной ситуации: Аттестация методики количественного анализа воздуха рабочей зоны.	4	16	подготовка домашнего задания	2	домашнее задание
17.	Тема 17. Концепция неопределенности в химических измерениях (круглый стол с приглашением ведущих специалистов в области метрологии).	4	17	подготовка домашнего задания	2	домашнее задание
18.	Тема 18. Контрольная работа 1 (метрологические характеристики методик количественного химического анализа)	4	18	подготовка к контрольной работе	2	контрольная работа
	Итого				36	

### 5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения

- компьютерные презентации лекций;
- контрольная работа по разделам 1-9
- контрольная работа по разделам 11-17
- интерактивный опрос по разделам 1-5;
- интерактивный опрос по разделам 10-14;
- Разбор конкретной ситуации по разделу 8 "Проверка нормальности распределения выборки из 100 измерений построением гистограммы и использованием критерия Пирсона".
- Разбор конкретной ситуации по разделу 16 "Аттестация методики количественного анализа воздуха рабочей зоны".
- круглый стол с привлечением ведущих специалистов в области метрологии по разделу 17 "Концепция неопределенности в химических измерениях".

### 6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

#### Тема 1. Введение. Общие сведения об измерениях физических величин. Основные принципы подходы к измерениям. Измерительное преобразование. Размер и значение физической величины.

домашнее задание , примерные вопросы:

1. Какие задачи решает теоретическая метрология? 2. Какие средства измерения относятся к образцовым? 3. К какому разделу метрологии относится задача повышения точности измерений? 4. Что такое измерение? Приведите определение этого понятия. 5. Приведите примеры рабочих средств измерения.



## **Тема 2. Основные и производные величины.Размерность. Система физических величин и система единиц.**

домашнее задание , примерные вопросы:

1. Какие изменения называются равноточными? 2. Какие величины используют в качестве опорных значений? 3. В чем заключается различие понятий ?воспроизводимость? и ?сходимость?? 4. Что такое прецизионность измерений? 5. Что называется правильностью измерений? 6. В чем различие между методом и методикой измерения? 7. Какие условия измерений называются нормальными? 8. Что называется измерительным преобразователем?

## **Тема 3. Общие вопросы теории измерений. Классификация измерений. Принципы, методы и методики измерения. Средства измерений. Условия измерений. Свойства состояния измерений. Погрешности измерений.**

домашнее задание , примерные вопросы:

1. Какие критерии лежат в основе классификации погрешностей измерений? 2. Какие погрешности называются абсолютными? 3. На какие виды разделяют погрешности по типу связи между погрешностью и измеряемой величиной? 4. Каким образом делят погрешности по источникам происхождения? 5. В чем заключается общая стратегия уменьшения погрешности измерений? 6. Какие погрешности называют систематическими? 7. Какие погрешности называют случайными?

## **Тема 4. Эталоны физических величин. Передача размеров единиц физических величин. Погрешности средств измерений и их нормирование.**

домашнее задание , примерные вопросы:

1. Какие величины называются случайными? 2. Чем определяется случайная величина? 3. В чем заключается принципиальное отличие случайных погрешностей от систематических? 4. Какую совокупность величин называют генеральной? 5. Какими свойствами должна обладать выборочная совокупность? 6. Чему равно математическое ожидание дискретной случайной величины? 7. Что называется математическим ожиданием непрерывной случайной величины? 8. Чему равно математическое ожидание суммы случайной и постоянной величин? 9. Чему равно математическое ожидание суммы двух случайных величин? 10. Чему равно математическое ожидание произведения независимых величин?

## **Тема 5. Общие понятия математической статистики. Генеральная совокупность и выборка. Параметры распределения. Математическое ожидание случайной величины. Дисперсия случайной величины.**

домашнее задание , примерные вопросы:

1. Что называется дисперсией случайной величины? 2. Каким выражением определяется дисперсия случайной величины? 3. Как можно рассчитать дисперсию выборочной совокупности случайной величины? 4. Чему равно математическое ожидание среднего результата? 5. Как рассчитать дисперсию среднего результата?

## **Тема 6. Нормальное распределение. Функция нормального распределения. Принципы, лежащие в основе закона нормального распределения.**

тестирование , примерные вопросы:

1. Чему равна плотность нормального распределения? 2. Каков математический смысл генерального стандартного отклонения? 3. Как изменяется вид кривой нормального распределения при увеличении стандартного отклонения? 4. Напишите математическое выражение принципа наименьших квадратов. 5. Как рассчитать нормировочный коэффициент?

## **Тема 7. Моменты непрерывного распределения. Равномерное распределение. Некоторые специальные распределения. Распределение Стьюдента. Распределение Фишера.**

домашнее задание , примерные вопросы:

1. Как можно рассчитать величину критерия Стьюдента? 2. Каким образом изменяется морфология кривой t-распределения от числа степеней свободы? 3. Как можно оценить доверительный интервал? 4. Для каких целей используется критерий Фишера? 5. Приведите формулу для расчета F-критерия? 6. При каких условиях распределение Стьюдента переходит в нормальное распределение?

### **Тема 8. Разбор конкретной ситуации: Проверка нормальности распределения выборки из 100 измерений построением гистограммы и использованием критерия Пирсона.**

домашнее задание , примерные вопросы:

1. Для каких целей используют критерий соответствия "хи-квадрат"? 2. Как можно вычислить значение функции Лапласа? 3. Какие вы знаете приближенные способы проверки нормальности распределения? 4. В каких случаях нормальному распределению следуют не результаты измерения, а их логарифмы? 5. Каким образом можно оценить число степеней свободы при использовании ?хи-квадрат?-критерия?

### **Тема 9. Сравнение дисперсий. Сравнение двух дисперсий. Сравнение нескольких дисперсий. Выделение большей дисперсии из многих. Подозрительно выделяющиеся значения (промахи).**

домашнее задание , примерные вопросы:

1. Какой критерий используют при сравнение двух дисперсий? 2. Какой критерий используют при сравнение нескольких дисперсий? 3. Как можно рассчитать средневзвешенную дисперсию? 4. Как определяют уровень значимости? 5. Приведите формулу для расчета критерия Кохрана?

### **Тема 10. Условия применения методов математической статистики и проверка выполнения этих условий**

коллоквиум , примерные вопросы:

Для этого используем функцию Лапласа. Данный интеграл вероятности обладает симметрией относительно знака при величине  $z$ , которая представляет собой частное от деления отклонения от среднего результата на стандартное отклонение. Обычно в таблице против соответствующего значения  $z$  приведено значение интеграла вероятности (функция Лапласа). Таким образом для каждого класса находим хи-квадрат. Если сумма полученных значений не превышает теоретического значения (табличного значения) на заданном уровне вероятности, то выборка распределена нормально.

### **Тема 11. Оценка случайной погрешности. Прецизионность, сходимость и воспроизводимость. Повторяемость. Внутрилабораторный контроль качества измерений.**

домашнее задание , примерные вопросы:

1. При гравиметрическом определении кальция были получены следующие результаты (массовые доли  $\text{CaO}$ , %): 12.86; 12.90; 12.93; 2.84. Вычислите стандартное отклонение единичного определения. 2. В серебряной монете при анализе параллельных проб получили следующие значения массовых долей серебра, %: 90.04; 90.12; 89.92; 89.94; 90.08; 90.02. Вычислите стандартное отклонение единичного определения и доверительный интервал среднего значения ( $P = 0.95$ ). 3. При определении сурьмы в сплаве объемным методом получили следующие данные, %: 11.95; 12.03; 11.98; 12.04. Вычислите стандартное отклонений единичного определения и доверительный интервал среднего значения ( $P = 0.95$ ). 4. При объемном титровании раствором щелочи реакционной массы, содержащей фенол и ацетон, были получены следующие результаты (%): 554.27; 56,40; 56.16; 55.80; 57.00; 55.90 (по фенолу) и 33.23; 34.10; 33.80; 34.00; 33.25; 33.50 (по ацетону). Найдите стандартное отклонение единичного определения и доверительный интервал среднего значения ( $P = 0.95$ ). 5. При анализе топаза получили следующие данные о содержании в нем оксида алюминия, %: 53.96; 54.15; 54.05, 54.03; 54.32. Установите, является ли последний результат грубой погрешностью ( $P = 0.95$ ). 6. При анализе апатита получили следующие данные о содержании в нем пентаоксида фосфора, %: 35.11; 35.14; 35.18; 35.21; 35.42. Установите, является ли последний результат грубой ошибкой ( $P = 0.90$ ). 7. При гравиметрическом определении сульфат-иона получили следующие данные о содержании триоксида серы, %: 15.51; 15.45; 15.48; 15.53; 16.21. Определите, является ли последний результат грубой ошибкой ( $P=0.95$ ). 8. Шесть измерений массовой доли  $\text{TiO}_2$  в вагоне титановой руды дали среднее 58.6%  $\text{TiO}_2$  со стандартным отклонением  $s = 0.7$  %. Найдите доверительные интервалы для среднего при доверительной вероятности 90%. Сравните их с доверительными интервалами при доверительной вероятности 95%. Каковы были бы доверительные интервалы при доверительной вероятности 90%, если бы среднее находили из четырех проб, взятых из этого же вагона? 9. При определении марганца в стали получили следующие значения массовых долей: 48.35 % и 48.00 %. Определите количество параллельных проб, необходимое для определения марганца с точностью  $\pm 1$  % ( $P = 0.95$ ). 10. Стандартное отклонение стандартного метода определения тетраэтилсвинца в бензине составляет 0.005 мг/л. Если  $s = 0.020$ , то сколько параллельных определений следовало бы выполнить, чтобы среднее анализа образца попало в интервал: а)  $\pm 0.008$  мг/л для действительного среднего с доверительной вероятностью 95 %; б)  $\pm 0.004$  мг/л для действительного среднего с доверительной вероятностью 90 %? 11. При определении цинка в почве получили следующие значения массовых долей цинка, %:  $8.5 \times 10^{-3}$ ;  $10.4 \times 10^{-3}$ ;  $7.9 \times 10^{-3}$ . Найдите количество параллельных проб, необходимое для определения цинка с точностью  $\pm 10$  % ( $P = 0.95$ ). 12. Найдите число параллельных проб, необходимое для определения олова в баббите с точностью  $\pm 3$  %, если известно, что при анализе двух проб получили содержание олова 9.87 % и 10.01 % ( $P=0.95$ ).

### **Тема 12. Оценка систематической погрешности: по стандартному образцу, сравнением результатов двух независимых методов, варьированием массы пробы. Способы устранения систематической погрешности. Межлабораторные эксперименты.**

тестирование , примерные вопросы:

1. Назовите способы оценки случайной погрешности. 2. Какую форму может принимать зависимость стандартного относительного отклонения от концентрации определяемого вещества? 3. Как можно оценить систематическую погрешность по стандартным образцам? 4. Какой предварительной информацией необходимо располагать при оценке систематической погрешности сравнением двух независимых методов? 5. Как можно рассчитать средневзвешенное стандартное отклонение? 6. При выполнении каких условий систематическую погрешность можно считать незначимой? 7. Каким способом можно оценить постоянную систематическую погрешность? 8. Как нужно организовать эксперимент, чтобы оценить пропорциональную погрешность? 9. Какие вы знаете способы перевода систематической погрешности в случайную? 10. Что лежит в основе способа релятивизации? 11. Как используется доверительный интервал для обнаружения систематической погрешности метода? 12. Что такое Q-критерий и от каких факторов он зависит?

### **Тема 13. Распределение дискретных случайных величин. Распределение Пуассона. Биноминальное распределение.**

домашнее задание , примерные вопросы:

1. В чем различие t-критерия Стьюдента и t-критерия? 2. Какие вы знаете способы выявления подозрительно выделяющихся значений в выборке? 3. Как поступают с выборкой при выявлении грубого промаха? 4. Какой параметр характеризует распределение Пуассона? 5. Какая величина называется дискретной?

#### **Тема 14. Корреляционный и регрессионный анализы. Проверка взаимосвязи двух физических величин. Метод наименьших квадратов.**

домашнее задание , примерные вопросы:

1. В чем различие регрессионного и корреляционного анализа? 2. По какой формуле можно рассчитать коэффициент корреляции? 3. Какие значения коэффициента корреляции отвечают линейной зависимости? 4. Каково число степеней свободы в корреляционном анализе? 5. Назовите основное положение метода наименьших квадратов.

#### **Тема 15. Обеспечение качества химических измерений. Робастность, селективность и специфичность. Планирование эксперимента и оценка статистических характеристик методики анализа.**

домашнее задание , примерные вопросы:

1. Какие существуют показатели эффективности в химическом анализе? 2. Что такое - чувствительность, коэффициент чувствительности (значение первой производной градуировочной функции)? 3. Какая величина коэффициента чувствительности характеризует скорость изменения аналитического сигнала с изменением концентрации? 4. Что такое - предел обнаружения. Как можно определить количество вещества, которое может быть обнаружено с помощью данного метода с достаточной вероятностью? 5. Какой предел обнаружения может быть задан и что можно считать минимальным аналитическим сигналом, который можно уверенно отличать от сигнала контрольного опыта?

#### **Тема 16. Разбор конкретной ситуации: Аттестация методики количественного анализа воздуха рабочей зоны.**

домашнее задание , примерные вопросы:

1. Аттестация методик измерений на примере методики количественного химического анализа. 2. Цель аттестации - установить пригодность методики для получения ответа на заданные вопросы с требуемой надежностью. 3. Оценка правильности поставленных задач и доказательство возможности их решение. 4. Понятие аттестация в аналитическом процессе: а) Моделирование процедуры. б) Отбор пробы. в) Подготовка пробы. г) Измерение. 5. Обработка данных. В ходе аттестации следует определить, какая из методик анализа с точки зрения показателей эффективности пригодна для решения данной задачи с заданной и доверительной вероятностью.

#### **Тема 17. Концепция неопределенности в химических измерениях (круглый стол с приглашением ведущих специалистов в области метрологии).**

домашнее задание , примерные вопросы:

1. В чем заключается концепция неопределенности в химических измерениях? 2. Фундаментальные понятия химической метрологии? 3. Понятием "неопределенность" предлагается заменить на "погрешность" с целью устранения разделения погрешностей на "случайные" и "систематические". 4. Какие погрешности включает в себя понятие "неопределенность" ?

#### **Тема 18. Контрольная работа 1 (метрологические характеристики методик количественного химического анализа)**

контрольная работа , примерные вопросы:

Примеры билетов для контрольной работы приведены в разделе Прочее.

#### **Итоговая форма контроля**

зачет

Примерные вопросы к зачету:

Тестовых заданий по темам 1-5:

1. Степень близости результатов измерения к истинному (принятому опорному) значению измеряемой величины отражает:

- А. Правильность
- Б. Прецизионность
- В. Точность

Г. Воспроизводимость

2. Дисперсия произведения двух случайных переменных величин равна:

А. Сумме дисперсий этих величин

Б. Нулю

В. Дисперсии случай величины

Г. Произведению их дисперсий

Тестовых заданий по темам 10-14

1. Для проверки характера распределения случайной непрерывной величины используют:

А. Критерий Фишера

Б. Критерий соответствия Пирсона ("хи-квадрат")

В. Критерий Стьюдента

Г. Критерий Бартлета

2. Распределение дискретных случайных величин соответствует::

А. Распределению Гаусса

Б. Распределению Стьюдента

В. Распределению Пуассона

Г. Биноминальному распределению

Билеты для контрольной работе 1

Билет 1

1. Случайная величина. Вероятность попадания случайной величины в определенный интервал. Область изменения случайной величины.

2. Свойства дисперсии.

Билет 2

1. Равноточные и неравноточные измерения.

2. Математическое ожидание непрерывной случайной величины.

Билет 3

1. Число степеней свободы.

2. Математическое ожидание среднего результата.

Билет 4

1. Асимметрия распределения. Дисперсия асимметрии.

2. Дисперсия выборочной совокупности. Стандартное выборочное отклонение.

Примеры билетов для контрольной 2

Билет 1

1. Как можно рассчитать t-критерий Стьюдента?

2. Оценка постоянной систематической погрешности по способу варьирования массы пробы.

Билет 2

1. Сравнение результатов двух независимых методов. Средневзвешенное стандартное отклонение.

2. Q-Критерий. С какой целью его используют.

Билет 3

1. Оценка пропорциональной систематической погрешности варьированием массы пробы.

2. Релятивизация. Приведите примеры.

#### Билет 4

1. Критерий Бартлета. Средневзвешенная дисперсия. В каких случаях дисперсии можно считать однородными.
2. Рандомизация.

#### Контрольные вопросы к самостоятельной работе студентов

1. Единство измерений.
2. Образцовые средства измерений.
3. Свойства состояния измерений (точность, правильность, прецизионность).
4. Воспроизводимость, сходимость, повторяемость.
5. Классификация измерений.
6. Случайные погрешности измерения.
7. Генеральная и выборочная совокупности.
8. Математическое ожидание случайной величины. Свойства.
9. Математическое ожидание среднего результата.
10. Дисперсия случайной величины. Свойства.
11. Дисперсия среднего результата.
12. Гистограммы и распределение.
13. Асимметрия и эксцесс.
14. Функция нормального распределения.
15. Генеральное стандартное отклонение вероятностной переменной. Математический смысл.
16. Как влияет величина стандартного отклонения на морфологию кривой нормального распределения?
17. Как зависят характеристики кривой t-распределения от числа степеней свободы?
18. Доверительный интервал. Как зависит доверительный интервал от объема выборки?
19. Каким образом можно проверить нормальность распределения?
20. Чему равен критерий Фишера? С какой целью его используют?
21. Функция Лапласа.
22. Приближенные методы проверки нормальности распределения.
23. В каких случаях результаты измерения следуют логарифмически нормальному распределению?
24. Каким образом можно оценить однородность результатов нескольких выборочных совокупностей?
25. Выделение большей дисперсии из многих.
26. Как можно выявить грубые промахи измерений?
27. В каких случаях необходимо исключить из выборки подозрительно выделяющие значения измерений?
28. Какое распределение характеризует распределение дискретных случайных величин?
29. Как можно рассчитать стандартное относительное отклонение? Каким образом эта величина зависит от концентрации определяемого компонента?
30. Назовите наиболее распространенные практические приемы оценки систематической погрешности.
31. Как можно оценить значимость расхождений средних результатов двух независимых методов?
32. Можно ли устранить систематические погрешности?
33. Какое понятие используют в концепции неопределенности вместо термина "доверительный интервал"?
34. Как оценивают "стандартную неопределенность" систематического характера?
35. Что такое абсолютная и относительная недостоверности?

## Билеты для проведения зачета

### Билет 1

1. Точность измерений.
2. Чему равна вероятность сложного события?
3.  $\sigma_{кр} = ?$
4. Критерий Бартлета. Формулы для расчета.
5. Математическое ожидание непрерывной случайной величины.

### Билет 2.

1. Систематические погрешности второго типа.
2. Нормировочный коэффициент.
3. Оценка систематической пропорциональной погрешности.
4.  $S_x = ?$
5. Для чего рассчитывают "хи-квадрат"-критерий Пирсона?

### Билет 3

1. Средневзвешенная дисперсия.
2. Систематическая погрешность приготовления растворов.
3. Как можно рассчитать коэффициент Стьюдента при использовании стандартных образцов?
4. Свойства дисперсии.
5. Примеры погрешностей по источникам происхождения.

### Билет 4

1. Систематическая погрешность градуировочного графика.
2. Как можно оценить систематическую постоянную погрешность?
3. Дисперсия среднего результата.
4.  $\sigma_x = ?$
5. Предел обнаружения.

## 7.1. Основная литература:

1. Математическая обработка результатов химического эксперимента: Учебно-методическое пособие / Н.А.Улахович, М.П.Кутырева, Л.Г.Шайдарова, Ю.И.Сальников. - Казань: Казанский (Приволжский) федеральный университет, 2010. - 60 с.
2. Математическая обработка результатов химического эксперимента: учебно-методическое пособие для лекционного курса 'Метрология'[Электронный ресурс] /Н.А. Улахович, М.П. Кутырева, Л.Г. Шайдарова, Ю.И. Сальников.- Казань: Казанский (Приволжский) Федеральный университет, 2010. - 60 с.

Режим доступа: [http://kpfu.ru/docs/F910466741/Mat\\_ekperiment.pdf](http://kpfu.ru/docs/F910466741/Mat_ekperiment.pdf)

## 7.2. Дополнительная литература:

1. Аналитическая химия: проблемы и подходы: в 2 т. / ред.: Р. Кельнер, Ж.-М. Мерме, М. Отто, Г. М. Видмер; пер. с англ. А. Г. Борзенко [и др.] под ред. Ю. А. Золотова. М.: Мир: АСТ, Т. 1. 2004. 608 с.
2. Аналитическая химия: проблемы и подходы: в 2 т. / ред.: Р. Кельнер, Ж.-М. Мерме, М. Отто, Г. М. Видмер; пер. с англ. А. Г. Борзенко [и др.] под ред. Ю. А. Золотова. М.: Мир: АСТ, Т. 2. 2004. 728 с.
3. Основы аналитической химии: в 2 томах: учебник для студентов высших учебных заведений, обучающихся по химическим направлениям / под ред. акад. Ю.А. Золотова. 5-е изд., стер.. Москва: Академия, 2012. 25. (Высшее профессиональное образование, Естественные науки). ISBN 978-5-7695-9123-5((в пер.)). Т. 1. 2012. 383 с.

4. Жебентяев А. И. Аналитическая химия. Химические методы анализа: Учеб. пос. [Электронный ресурс] / А.И. Жебентяев, А.К. Жерносек и др. - 2-е изд., стер. - М.: НИЦ ИНФРА-М; Мн.: Нов. знание, 2014. - 542 с.

Режим доступа: <http://znanium.com/bookread.php?book=419626>

### 7.3. Интернет-ресурсы:

1. Сайт Российского Хемометрического общества - <http://rcs.chph.ras.ru/>

2. Статистика в аналитической химии. Курс лекций МГУ. - <http://chemstat.com.ru/>

3. Метрология -

<http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B5%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%>

4. Метрология как наука об измерениях. - <http://www.kipstory.ru/metr/>

5. Козлов М.Г. Метрология и стандартизация- печатный оригинал электронного издания. - <http://www.hi-edu.ru/e-books/xbook109/01/>

### 8. Материально-техническое обеспечение дисциплины(модуля)

Освоение дисциплины "Основы научных исследований и метрология" предполагает использование следующего материально-технического обеспечения:

Мультимедийная аудитория, вместимостью более 60 человек. Мультимедийная аудитория состоит из интегрированных инженерных систем с единой системой управления, оснащенная современными средствами воспроизведения и визуализации любой видео и аудио информации, получения и передачи электронных документов. Типовая комплектация мультимедийной аудитории состоит из: мультимедийного проектора, автоматизированного проекционного экрана, акустической системы, а также интерактивной трибуны преподавателя, включающей тач-скрин монитор с диагональю не менее 22 дюймов, персональный компьютер (с техническими характеристиками не ниже Intel Core i3-2100, DDR3 4096Mb, 500Gb), конференц-микрофон, беспроводной микрофон, блок управления оборудованием, интерфейсы подключения: USB, audio, HDMI. Интерактивная трибуна преподавателя является ключевым элементом управления, объединяющим все устройства в единую систему, и служит полноценным рабочим местом преподавателя. Преподаватель имеет возможность легко управлять всей системой, не отходя от трибуны, что позволяет проводить лекции, практические занятия, презентации, вебинары, конференции и другие виды аудиторной нагрузки обучающихся в удобной и доступной для них форме с применением современных интерактивных средств обучения, в том числе с использованием в процессе обучения всех корпоративных ресурсов. Мультимедийная аудитория также оснащена широкополосным доступом в сеть интернет. Компьютерное оборудование имеет соответствующее лицензионное программное обеспечение.

Компьютерный проектор

Система интерактивного опроса.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО и учебным планом по специальности: 04.05.01 "Фундаментальная и прикладная химия" и специализации Физическая химия .



Автор(ы):

Улахович Н.А. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.

Рецензент(ы):

Кутырева М.П. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.