

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ
Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

Институт химии

УТВЕРЖДАЮ

Директор института химии
д.х.н., проф. Федотова О.В.

30 " 08 / 2018 г.

Рабочая программа дисциплины
Статистическая обработка результатов эксперимента

Направление подготовки бакалавриата
20.03.01 Техносферная безопасность


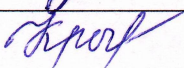
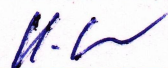
Профиль подготовки бакалавриата
Промышленная безопасность технологических процессов и производств

Квалификация (степень) выпускника

Бакалавр

Форма обучения
очная

Саратов,
2018

| Статус | ФИО | Подпись | Дата |
|--------------------------------|----------------------------|---|------------|
| Преподаватель-разработчик | Гамаюнова Ирина Михайловна |  | 30.08.2018 |
| Председатель НМК | Крылатова Яна Георгиевна |  | 30.08.2018 |
| Заведующий кафедрой | Казаринов Иван Алексеевич |  | 30.08.2018 |
| Специалист Учебного управления | | | |

1. Цели освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины «Статистическая обработка результатов эксперимента» является формирование у будущего специалиста

- понимания теоретических основ дисциплины «Статистическая обработка результатов эксперимента»;
- навыков исследовательской работы;
- умения применять полученные знания и навыки для анализа типичных естественнонаучных задач;
- умения использовать программное обеспечение компьютеров для учебной, научной и производственной деятельности

2. Место дисциплины в структуре ООП бакалавриата

Дисциплина «Статистическая обработка результатов эксперимента» относится к базовой части Блока 1 Дисциплины (модули) (Б1.Б.13) и реализуется в 4 семестре.

Дисциплина «Статистическая обработка результатов эксперимента» обеспечивает логическую и содержательно-методическую взаимосвязь дисциплин и практик ООП ВО по направлению подготовки 20.03.01 Техносферная безопасность, квалификация бакалавр.

Материал дисциплины базируется на знаниях по математике (дифференциальное и интегральное исчисление, работа с матрицами), информатике (возможности программного обеспечения компьютера - программы excel, mathcad и т.п.) в объеме курсов ООП по направлению 20.03.01 «Техносферная безопасность» и является основой для последующего изучения «Аналитической химии», «Физической химии», а также тех вариативных дисциплин, где необходимо грамотно планировать эксперимент и анализировать его результаты, разрабатывать теоретические модели протекающих процессов, правильно подготавливать научные публикации.

3 Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины «Статистическая обработка результатов эксперимента»:

| Формулировка компетенции | Код |
|---|-------|
| способностью принимать участие в научно-исследовательских разработках по профилю подготовки: систематизировать информацию по теме исследований, принимать участие в экспериментах, обрабатывать полученные данные | ПК-20 |

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

- Знать:
 - теорию вероятности (основные понятия, элементы комбинаторики, классификация событий и действия над ними, статистическое понятие вероятности,

вычисление вероятностей различных событий, равномерный и нормальный законы распределения случайных величин) и математическую статистику (выборки и их характеристики, элементы теории оценок и проверки гипотез, регрессионный анализ, основы планирования экстремального многофакторного эксперимента).

•Уметь:

- применять полученные знания для анализа основных задач, типичных для естественнонаучных дисциплин: планирование химического эксперимента, анализ и математически правильная запись экспериментальных данных, применение регрессионного анализа с целью получение теоретической модели изучаемых процессов, определение погрешности полученных экспериментальных данных;
- использовать теоретические знания для объяснения результатов химических экспериментов

•Владеть:

- методами планирования, моделирования и обработки данных химического эксперимента

4. Структура и содержание дисциплины «Статистическая обработка результатов эксперимента»

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единиц (108 часов).

4.1. Структура лекционного курса

| № п/п | Раздел дисциплины | Семестр | Неделя семестра | Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах) | | | Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Формы промежуточной аттестации (по семестрам) |
|-------|--|----------|-----------------|--|-----------|-----------|---|
| | | | | лекции | сам. раб. | всего | |
| 1 | Введение Раздел 1. Статистическая обработка экспериментальных данных | 4 | 1-7 | 14 | | 28 | |
| 1.1 | Измерения и их погрешности. Элементы теории вероятности. Законы комбинаторики | | 1 | 4 | | 4 | |
| 1.2 | Функции распределения случайной величины. Числовые характеристики распределения. | | 2 | 2 | | 2 | |
| 1.4 | Равномерное распределение случайных величин. Нормальный закон распределения. | | 2 | 2 | | 2 | |
| 1.5 | Статистическое оценивание параметров распределения. Статистика малых выборок. Проверка статистических гипотез. | | 3-4 | 8 | | 8 | |
| 1.6 | Статистическое оценивание аналитического сигнала. Определение ошибок косвенных измерений | | 5-6 | 8 | | 8 | |
| 1.7 | Регрессионный анализ: Линейная регрессия относительно одного параметра. | | 7 | 2 | | 2 | |
| 1.8 | Множественная линейная регрессия. | | 7 | 2 | | 2 | |
| 2 | Раздел 2. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. | | 8-9 | 8 | | 8 | |
| 2.1 | Основные понятия. Многофакторный эксперимент, его эффективность. | | 8 | 2 | | 2 | |
| 2.2 | Полный факторный эксперимент (ПФЭ). | | 8 | 2 | | 2 | |
| 2.3 | Дробный факторный эксперимент (ДФЭ). | | 9 | 2 | | 2 | |
| 2.4 | Оптимизация эксперимента в области крутого восхождения. Описание области близкой к экстремуму. | | 9 | 2 | | 2 | |
| | | | | | | | зачет |
| | Итого | 4 | 1-9 | 36 | | 36 | |

4.2. Структура практических занятий

| № п/п | Раздел дисциплины | Семестр | Неделя семестра | Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах) | | | Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Формы промежуточной аттестации (по семестрам) |
|-------|---|---------|-----------------|--|-----------|-----------|---|
| | | | | Прак. раб. | Сам. раб. | Всего | |
| 1 | Теория вероятностей. Экспериментальные функции распределения случайных величин (СВ). | 4 | 1 | 2 | 6 | 8 | Письменный отчет по практической работе. |
| 2 | Функции распределения. Числовые характеристики распределения. Нормальный закон распределения | 4 | 2 | 2 | 6 | 8 | Тестовый отчет. Письменный отчет по практической работе. |
| 3 | Статистика малых выборок. Проверка статистических гипотез | | 3 | 2 | 6 | 8 | Тестовый отчет Письменный отчет по практической работе. |
| 4 | Статистическое оценивание аналитического сигнала. Ошибки косвенных измерений | | 4 | 2 | 6 | 8 | Контрольное задание № 1 |
| 5 | Регрессионный анализ. Линейная регрессия относительно одного параметра. Метод наименьших квадратов (МНК) | | 5 | 2 | 6 | 8 | Тестовый отчет Письменный отчет по практической работе. |
| 6 | Регрессионный анализ. Множественная линейная регрессия | | 6 | 2 | 6 | 8 | Письменный отчет по практической работе. |
| 7 | Планирование многофакторного эксперимента | | 7 | 2 | 6 | 8 | Контрольное задание № 2 |
| 8 | Применение методов математической статистики к конкретным задачам, возникающим у студентов при выполнении лабораторных работ по дисциплинам учебного плана и выполнении НИР | | 8 | 2 | 6 | 8 | Коллективный разбор ситуационных задач |
| 9 | Разделы математической статистики, вырабатывающие у обучающихся навыки метрологической обработки экспериментальных данных | | 9 | 2 | 6 | 8 | дискуссия |
| | Итого | | 1-9 | 18 | 54 | 72 | |

Содержание лекционного курса

Введение

Раздел 1. Статистическая обработка экспериментальных данных.

1.1 Измерения и их погрешности

Роль статистической обработки данных химического и физико-химического эксперимента. Измерения и их погрешности. Проблема определения. Точность измерения. Классификация погрешностей. Систематические погрешности (понятие класса точности приборов: стрелочных, цифровых, химической посуды, весов, термометров и т.п.). Метрологическая характеристика «правильность измерения». Случайные погрешности. Метрологические характеристики «сходимость» и «воспроизводимость» результатов. Грубые ошибки или промахи, причины их возникновения при выполнении эксперимента: неправильное считывание со шкалы прибора, термометра и т.п. Методы устранения систематических погрешностей: метод релятивизации и метод рандомизации на примере фотолометрического анализа.

1.2 Теория вероятностей

Предмет теории вероятностей. Основные понятия теории вероятностей. Классификация событий. Совместные и несовместные события. Достоверные, невозможные и случайные события. События, образующие полную группу. Противоположные события. Сумма, произведение и разность событий. Вероятность событий как мера статистической устойчивости события. Правила сложения и умножения вероятностей зависимых и независимых событий. Формула полной вероятности. Формула Бернулли. Вероятнейшее число появления события.

1.3 Функции распределения случайных величин, полученных в результате химического эксперимента

Понятия: случайная величина, закон распределения и функция распределения случайной величины. Способы задания закона распределения случайной величины на примере экспериментальных значений константы скорости реакции омыления эфира щелочью, полученных на учебном практикуме по физической химии. Вариационный ряд. Гистограммы распределения дискретной и непрерывной случайной величины. Интегральные кривые распределения случайной величины, их свойства. Плотность вероятности. Свойства дифференциальной функции распределения. Числовые характеристики распределения. Математическое ожидание. Свойства математического ожидания. Мода. Медиана. Дисперсия и среднее квадратичное отклонение. Свойства дисперсии.

1.4 Равномерное распределение случайных величин. Нормальный закон распределения

Закон Муавра, Лапласа – Гаусса. Кривая плотности нормального распределения. Свойства кривой. Интегральная функция нормального распреде-

ления. Дифференциальная и интегральная функции нормированного нормального распределения. Понятие доверительной вероятности и уровня значимости. Использование различных доверительных вероятностей в разных отраслях науки и техники.

1.5 Статистическое оценивание параметров распределения. Статистика малых выборок. Проверка статистических гипотез

Понятие о генеральной совокупности, выборке и оценке параметра. Понятие «наилучшей оценки». Несмещенная, эффективная и состоятельная оценка. Повторные и бесповторные выборки. Метод максимального правдоподобия и его использование для определения наилучших оценок. Метод наименьших квадратов. Среднее арифметическое как наилучшая оценка математического ожидания. Свойства среднего арифметического. Свойства дисперсии выборочного среднего. Наилучшая оценка дисперсии.

Распределение Стьюдента. Свойства функции распределения Стьюдента. Сопоставление кривых распределения Гаусса и Стьюдента. Интегральная оценка параметров распределения. Оценка доверительных интервалов дисперсии. Функция χ^2 – распределения Пирсона. Выявление грубых ошибок (промахов) в экспериментальных данных. Критерий Зб. Критерий Грэббса. Q – критерий для малых выборок.

Понятие о нулевой и альтернативной гипотезах. Критерии значимости. Проверка гипотезы о равенстве математического ожидания заданному числу. t – критерий Стьюдента (сравнение результатов количественного определения реагента с его содержанием в ГСО). Сравнение точности двух или более методов определения одной и той же физической величины: проверка гипотезы об однородности двух дисперсий, критерий Фишера; проверка гипотезы об однородности нескольких дисперсий с одинаковым объемом выборок, критерий Кохрена; проверка гипотезы об однородности нескольких дисперсий с разным объемом выборок, критерий Барлетта. Оценка воспроизводимости двух методов по t – критерию Стьюдента. Проверка гипотезы о принадлежности выборки генеральной совокупности (основная гипотеза).

1.6 Статистическое оценивание аналитического сигнала в химическом, физико-химическом анализе. Ошибки косвенных измерений при расчете различных физических величин по данным химического и физико-химического эксперимента

Понятия аналитический сигнал и шум. Разрешающая способность аналитического сигнала. Предел обнаружения. Кайзеровский предел обнаружения. Отношение сигнал / шум. Точность предела обнаружения. Правильная запись результатов эксперимента. Понятие значащих цифр. Математические действия с числами, имеющими погрешность

1.7 Регрессионный анализ в химическом эксперименте.

Роль регрессионного анализа в химическом эксперименте (примеры). Линейная регрессия относительно одного параметра на примере зависимости

потенциала электрода от концентрации потенциалопределяющих ионов. Использование метода наименьших квадратов для расчета коэффициентов уравнения линейной регрессии. Соотнесение коэффициентов уравнения A и B с реальными химическими и физическими величинами экспериментальной зависимости $E=f(c)$. Вычисление дисперсии адекватности. Оценка значимости коэффициентов по доверительным интервалам и по критерию Стьюдента. Расчет коридора ошибок. Оценка адекватности уравнения регрессии по критерию Фишера. Расчет выборочного коэффициента корреляции. Преобразование различных функций к линейному виду (линеаризация интегральных кинетических кривых для простых необратимых реакций различных порядков, обратимых и параллельных мономолекулярных реакций).

1.8 Множественная линейная регрессия

Определение коэффициентов регрессии зависимости теплового эффекта химической реакции от температуры по методу наименьших квадратов и матричной форме. Использование стандартизированных переменных для расчета вектора оценок коэффициентов уравнения регрессии. Построение матрицы по экспериментальным данным. Операции с матрицами: транспонирование, умножение, обращение методом присоединенной матрицы, вычисление алгебраических дополнений и детерминанта методом разложения по элементам строки или столбца. Перевод стандартизированных переменных в натуральный масштаб. Проверка адекватности модели.

Раздел 2. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий

2.1 Основные понятия. Многофакторный эксперимент, его эффективность

Понятие фактора и факторного пространства. Параметр оптимизации. Требования, предъявляемые к факторам и параметрам оптимизации. Выбор математической модели для описания функции отклика. Требования, предъявляемые к модели. Область восхождения по градиенту, крутое восхождение, почти стационарная область. Эффективность многофакторного эксперимента.

2.2 Полный факторный эксперимент (ПФЭ)

Матрица плана эксперимента. Построение матриц плана двух-, трех-, четырехфакторного и т.д. ПФЭ. Свойства матрицы плана эксперимента. Пример обработки результатов планированного эксперимента достижения максимального выхода продукта промышленной химической реакции в зависимости от температуры, давления, времени контакта. Определение основных уровней факторов и интервалов варьирования. Построение матрицы плана эксперимента в безразмерном и натуральном масштабе. Расчет коэффициентов уравнения регрессии. Расчет дисперсии воспроизводимости по результатам параллельных опытов и по серии опытов на основном уровне. Определение значимости коэффициентов по критерию Стьюдента. Проверка адекватности модели по критерию Фишера. Интерпретация результатов эксперимента

2.3 Дробный факторный эксперимент

Понятие о дробных репликах. Понятие о генерирующем соотношении и определяющем контрасте. Разрешающая способность дробных реплик. Определение размера дробной реплики.

2.4 Метод оптимизации эксперимента

Оптимизация эксперимента в области крутого восхождения по поверхности отклика. Пошаговый метод Бокса и Уилсона. Определение шага изменения параметров. Реальные и «мыслимые» опыты.

Описание области, близкой к экстремуму. Построение композиционных планов второго порядка. Использование опытов в «звездных» точках и на основном уровне. Расчет минимального количества опытов. Определение «звездного» плеча.

Свойства композиционных планов второго порядка.

5. Образовательные технологии, применяемые при освоении дисциплины

Изучение дисциплины «Статистическая обработка результатов эксперимента» наряду с традиционными образовательными технологиями предусматривает использование в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся. К интерактивным формам проведения занятий относятся:

- 1) коллективный разбор ситуационных задач: применение методов математической статистики к конкретным задачам, возникающим у студентов при выполнении лабораторных работ по профессиональным дисциплинам
- 2) дискуссии по разделам дисциплины и темам практических работ, вырабатывающие у обучающихся навыки метрологической обработки экспериментальных данных;

Для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья предоставляется возможность дистанционного освоения её теоретической части путем распространения текста лекций, заданий и их контроля через интернет, а также индивидуальных консультаций с применением как электронной почты, так и визуального общения с использованием интернет-технологии «Скайп», при необходимости предоставляется дополнительное время для подготовки ответа на экзамене.

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

Самостоятельная работа студентов предполагает освоение теоретического материала [1-2], подготовку к практическим работам, применение полученных знаний и умений к оформлению экспериментальных работ на учебном практикуме, участие в интерактивных формах обучения. Форма текущего контроля – зачет.

Вопросы для самоконтроля.

Качество измерений

1. Измерения и их погрешности. Классификация погрешностей.

2. Метрологические характеристики «правильность измерения», «точность измерения».
3. Метрологические характеристики «сходимость» и «воспроизводимость» результатов.
4. Методы устранения систематических погрешностей:
Элементы теории вероятности
5. Основные понятия теории вероятностей. Классификация событий.
6. Понятие вероятности события.
7. Правила сложения и умножения вероятностей различных событий.
8. Формула полной вероятности. Формула Бернулли.
9. Понятия случайной величины, закона и функции распределения случайной величины
10. Интегральная и дифференциальная функции распределения. Их свойства.
Числовые характеристики распределения. Законы распределения
11. Числовые характеристики распределения и их свойства. Расчет математического ожидания и дисперсии дискретных и непрерывных случайных величин.
12. Равномерное распределение.
13. Нормальное распределение случайных величин. Нормированное нормальное распределение случайных величин
14. Понятие о генеральной совокупности, выборке и оценке параметра
15. Понятие и свойства «наилучшей оценки».
16. Метод максимального правдоподобия
17. Наилучшая оценка математического ожидания и дисперсии
Статистика малых выборок. Проверка статистических гипотез
18. Распределение Стьюдента (статистика малых выборок) Построение доверительных интервалов дисперсии и среднего значения
19. Выявление грубых ошибок (промахов) всеми способами
20. Проверка гипотезы о равенстве среднего значения определенному числу
21. Проверка гипотез об однородности нескольких дисперсий. Критерии Фишера, Кохрена, Бартлетта.
22. Проверка гипотезы о принадлежности выборки генеральной совокупности (основная гипотеза).
Статистическое оценивание аналитического сигнала. Погрешности прямых косвенных измерений
23. Понятия аналитический сигнал и шум. Разрешающая способность аналитического сигнала. Стратегия рисков. Предел обнаружения. Точность предела обнаружения. Пределы повторяемости. Контрольные карты Шухарта.
24. Понятие значащих цифр. Математические действия с числами, имеющими погрешности.

Регрессионный анализ

25. Использование метода наименьших квадратов для расчета коэффициентов уравнения линейной регрессии относительно одной переменной
26. Оценка значимости коэффициентов разными способами
27. Оценка адекватности уравнения регрессии по критерию Фишера.
28. Множественная линейная регрессия. Определение коэффициентов регрессии по методу наименьших квадратов и матричной форме. Проверка адекватности модели

Планирование многофакторного эксперимента

29. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий.
30. Полный факторный эксперимент. Матрица плана эксперимента и ее свойства
31. Дробный факторный эксперимент. Построение матрицы трехфакторного эксперимента. Расчет коэффициентов уравнения регрессии. Определение значимости коэффициентов. Проверка адекватности модели

7. Данные для учета успеваемости студентов в БАРС

Таблица 1.1 Таблица максимальных баллов по видам учебной деятельности.

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---------|--------|----------------------|----------------------|------------------------|---------------------------------|--|----------------------------------|-------|
| Семестр | Лекции | Лабораторные занятия | Практические занятия | Самостоятельная работа | Автоматизированное тестирование | Другие виды учебной деятельности (контр. задания, тестовые отчеты) | Промежуточная аттестация (зачет) | Итого |
| 4 | | 0 | 25 | 10 | | 30 | 35 | 100 |

Программа оценивания учебной деятельности студента

4 семестр

Лекции (не оцениваются)

Лабораторные занятия

не предусмотрены

Практические занятия – 25 баллов (5 практических работ по 5 баллов каждая).

| Количество баллов за 1 практическую работу (всего предусмотрено 5 работ) | Критерий оценки |
|--|---|
| 0 | Работа не выполнена |
| 1 | Работа выполнена, но не оформлена |
| 2 | Работа выполнена и аккуратно оформлена, но требовалась помощь преподавателя |
| 3 | Работа выполнена самостоятельно, аккуратно оформлена но сдана не в срок |

| | |
|---|---|
| 5 | Работа выполнена самостоятельно, аккуратно оформлена и сдана в срок |
|---|---|

Самостоятельная работа – 10 баллов, оцениваться уровень подготовки к занятиям в интерактивной форме (1 дискуссия и 1 разбор конкретной ситуации)

| | 0 | 1-2 | 3-4 | 5 |
|--|---------------------------|---|---|---|
| коллективный разбор ситуационных задач | Не работал | Принимал слабое участие в разборе ситуационных задач (менее 50% аудиторного времени) | Участвовал в разборе ситуационных задач, работая 50 - 79% аудиторного времени. Приводил уточняющие дополнения | Предлагал конкретные ситуационные задачи. Участвовал в разборе, работая более 80% аудиторного времени |
| Дискуссия | Не участвовал в дискуссии | Способность выполнять задания, но отсутствие личной активности и самостоятельности при работе в команде | Проявление инициативы в работе команды, но отсутствие способности грамотно преподнести материал | Присутствуют групповые и индивидуальные элементы работы, активность и грамотная подача материала |

Другие виды учебной деятельности 30 баллов, из них контрольные работы – 10 баллов (два контрольных задания по 5 баллов каждое) оцениваются правильность (3 балла), самостоятельность выполнения (1 балл), аккуратность (1 балл)

тестовые отчеты – 20 баллов (4 тестовых отчета по 5 баллов каждый)

Промежуточная аттестация – зачет (35 баллов). Зачет проходит в виде устного опроса: знание основных определений и законов (5 баллов), умение записать итоговые уравнения (10 баллов), анализ основных уравнений, пределы их применимости, практическая значимость (20 баллов).

при проведении промежуточной аттестации
 ответ на «отлично» оценивается от 25 до 35 баллов;
 ответ на «хорошо» оценивается от 20 до 24 баллов;
 ответ на «удовлетворительно» оценивается от 15 до 19 баллов;
 ответ на «неудовлетворительно» не оценивается.

Таким образом, максимально возможная сумма баллов за все виды учебной деятельности студента за 4 семестр по дисциплине «**Статистическая обработка результатов эксперимента**» составляет 100 баллов.

Таблица 2.2 Таблица пересчета полученной студентом суммы баллов по дисциплине «**Статистическая обработка результатов эксперимента**» в зачет:

| | |
|---------------|--------------|
| 60-100 баллов | «зачтено» |
| 0-59 баллов | «не зачтено» |

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины «Статистическая обработка результатов эксперимента»

а) основная литература:

1. Гмурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика. М.:Высшее образование, 2010 480 с.
2. Гмурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика [Текст]: Учебник / В.Е. Гмурман. – 12-е изд. – М.: изд-во Юрайт. 2014. – 479 с. - ISBN 978-5-9916-3461-8. (ЭБС «Юрайт»).

б) дополнительная литература:

1. Письменный Д. Конспект лекций по теории вероятностей, математической статистике и случайным процессам. – 3-е изд.– М.: Айрис-пресс, 2008. -288 с.
2. Коноплянцева Н.А., Бурашникова М.М. Методы математической статистики в химии. Саратов, Изд. СГУ, 2009, 159 с.
3. Гамаюнова И.М., Бурашникова М.М. «Ошибки прямых и косвенных измерений при выполнении химического эксперимента». Саратов: Изд-во Саратов. Ун-та, 2014. 40 с.

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы

1. Манита А.Д. Теория вероятностей и математическая статистика. Интернет-учебник по теории вероятностей и математической статистике. <http://teorver-online.narod.ru/secpage.html>)
- 2) И. М. Гамаюнова, М. М. Бурашникова. «Электронные тестовые задания по статистической обработке данных химического эксперимента» [Электронный ресурс], 34 с, 2014 г. http://elibrary.sgu.ru/uch_lit/868.pdf

9. Материально-техническое обеспечение дисциплины «Статистическая обработка результатов эксперимента»

1. Учебная аудитория для чтения лекций
2. Мультимедийная установка.
3. Учебная лаборатория для выполнения практических работ, оснащенная необходимым оборудованием (компьютеры с лицензионным программным обеспечением Microsoft Office 2003, 2007, Mathcad, подключенные к системе Интернет).

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению 20.03.01 Техносферная безопасность и профилю подготовки «Промышленная безопасность технологических процессов и производств».

Автор, к.х.н., доц.

Гамаюнова И.М.

Программа разработана в 2016 г. (одобрена на заседании кафедры физической химии от 29 августа 2016 года, протокол № 1).

Программа актуализирована в 2018 г. (Одобрена на заседании кафедры физической химии от 30 августа 2018 года, протокол № 1).