

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Линник Оксана Владимировна

Должность: Руководитель СФТИ НИЯУ МИФИ

Дата подписания: 11.10.2020 14:46:30

Уникальный идентификатор: d85fa2f259a0913da9b08299985891736470181f

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»  
Снежинский физико-технический институт –**

**филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения  
высшего образования «Национальный исследовательский ядерный университет  
«МИФИ»  
(СФТИ НИЯУ МИФИ)**

«УТВЕРЖДАЮ»

Зам. руководителя по учебной  
и научно-методической работе

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2020 г.

\_\_\_\_\_ П.О.Румянцев

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

Методы обработки результатов измерений

Направление подготовки (специальность) \_\_\_\_\_ 14.03.02  
«Ядерные физика и технологии»

Профиль подготовки \_\_\_\_\_ «Физика атомного ядра и частиц»

Квалификация (степень) выпускника \_\_\_\_\_ Бакалавр

Форма обучения \_\_\_\_\_ очная

Снежинск, 2020 г.

## 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения учебной дисциплины Методы обработки результатов измерений является ознакомление студентов с практическими методами метрологической оценки результатов измерений, начиная с простейшей оценки погрешности по паспортным данным используемых средств измерений и кончая обстоятельной статистической обработкой сложных многофакторных экспериментов.

Задачи изучения дисциплины «Методы обработки результатов измерений»:

1.1. Знакомство с разновидностями погрешностей, возникающих в процессе измерений.

1.2. Знакомство с практическими методами оценки результатов и их погрешностей как прямых, так и косвенных измерений в однофакторных и многофакторных экспериментах.

1.3. Рассмотрение вопросов повышения эффективности эксперимента путем его рационального планирования.

## 2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина «Методы обработки результатов измерений» Б1.В.06 относится ко второй вариативной части блока Б1 РУП 14.03.02 «Ядерные физика и технологии» и является частью общеинженерного модуля. Дисциплина «Методы обработки результатов измерений» изучается на четвертом курсе в седьмом семестре обучения.

Потребность в таком курсе вызвана тем, что измерения – это единственный способ получения количественной информации о величинах, характеризующих те или иные явления и процессы (даже не обязательно физические, а иногда биологические, экономические и т.д.). Поэтому осуществление любых технологических процессов, проведение научных исследований в любой отрасли знания всегда сопровождается планированием, постановкой и осуществлением измерений.

Что касается оценки точности результатов каждого из проводимых измерений, то это приходится делать самим сотрудникам, проводящим измерения. Поэтому знание практических методов оценки погрешностей результатов измерений необходимо специалистам всех специальностей.

Интерес к более точной оценке погрешностей результатов измерений особенно возрос в последние годы, так как с усложнением измерений (использование измерительно-вычислительных комплексов) и повышением требований к их точности роль методов обработки становится все более важной.

Перечень дисциплин, усвоение которых студентами необходимо для изучения данной дисциплины:

2.1. Курс математического анализа, матричная алгебра и аналитическая геометрия.

2.2. Теория вероятностей.

2.3. Математическая статистика.

### **3. КОМПЕТЕНЦИИ СТУДЕНТА, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ / ОЖИДАЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБРАЗОВАНИЯ И КОМПЕТЕНЦИИ СТУДЕНТА ПО ЗАВЕРШЕНИИ ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

Компетентностная модель соответствует требованиям ОС ВО НИЯУ МИФИ по специальности 14.03.02 «Ядерные физика и технологии».

ОПК-1 - Способен использовать базовые знания естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования

ОПК-2 - Способен осуществлять поиск, хранение, обработку и анализ информации из различных источников и баз данных, представлять ее в требуемом формате с использованием информационных, компьютерных и сетевых технологий

ПК-3 - Способен проводить физические эксперименты по заданной методике, составлять описания проводимых исследований, отчетов, анализу результатов и подготовке научных публикаций

УКЕ-1 - Способен использовать знания естественнонаучных дисциплин, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в поставленных задачах

УКЦ-2 - Способен искать нужные источники информации и данные, воспринимать, анализировать, запоминать и передавать информацию с использованием цифровых средств, а также с помощью алгоритмов при работе с полученными из различных источников данными с целью эффективного использования полученной информации для решения задач

В результате освоения дисциплины студент должен:

#### ***Знать:***

31. Разновидности погрешностей

32. Классы распределений погрешностей

33. Методы суммирования составляющих погрешности

34. Методики сбора и обработки информации с использованием цифровых средств, а также актуальные российские и зарубежные источники информации в сфере профессиональной деятельности, принципы, методы и средства решения стандартных задач профессиональной деятельности с использованием цифровых средств и с учетом основных требований информационной безопасности

#### ***Уметь:***

У1. Рассчитывать погрешности с заданной доверительной вероятностью

У2. Планировать эксперимент

У3. Оценивать ошибки решения СЛАУ

У4. Применять методики поиска, сбора и обработки информации; с использованием цифровых средств, осуществлять критический анализ и синтез информации, полученной из разных источников, и решать стандартные задачи профессиональной деятельности с использованием цифровых средств и с учетом основных требований информационной безопасности

#### ***Владеть:***

В1. навыками публичной речи, аргументации, ведения дискуссии

В2. программным обеспечением для работы с физической и технической информацией и основами Интернет - технологий.

В3. Методами поиска, сбора и обработки, критического анализа и синтеза информации с использованием цифровых средств для решения поставленных задач, навыками подготовки обзоров, аннотаций, составления рефератов, научных докладов, публикаций и библиографии по научно-исследовательской работе с использованием цифровых средств и с учетом требований информационной безопасности

#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Семестр	Трудоёмкость, кредит	Общий объем курса, час.	Лекции, час.	Практич. занятия, час.	Контроль, час.	СРС, час.	Форма контроля, Экз./зачет
7	2	72	18	18	27	9	экз

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 2 кредита, 72 часа.

№ п/п	Раздел учебной дисциплины	Недели	Виды учебной деятельности, включая самостоятельную работу студентов и трудоёмкость (в часах)			Текущий контроль успеваемости (неделя, форма)	Аттестация раздела (неделя, форма)	Макс. балл за раздел *
			Лекции	Практ. занятия/семинары	Лаб. работы			
<b>7 семестр</b>								
1	Разновидности погрешностей и их оценка по паспортным данным.	1	2					
		2		2		ДЗ		4
2	Классы распределений погрешностей. Оценка числа необходимых отсчетов. Расчет погрешности с заданной доверительной вероятностью.	3	2			конспект лекции		1
		4		2		ДЗ		4
3	Методы суммирования составляющих погрешности. Чувствительность к наличию промахов в экспериментальных данных.	5	2			конспект лекции		1
		6		2		ДЗ		4
4	Чувствительность к наличию промахов в экспериментальных данных. Методы исключения промахов. Критерий согласия Пирсона.	7	2			конспект лекции		1
		8		2			8 неделя Самост. работа №1	10
5	Однофакторный эксперимент. МНК.	9	2			конспект лекции		1
		10		2		ДЗ		4
6	Однофакторный эксперимент. МНК.	11	2			конспект лекции		1
	Многофакторный эксперимент.	12		2		ДЗ		4

7	Многофакторный эксперимент (окончание) Планирование эксперимента.	13	2			конспект лекции		1
		14		2		ДЗ		4
8	Оценка погрешности решения СЛАУ. Сингулярное разложение матрицы и решение минимальной нормы.	15	2					
		16		2			16 неделя Самост. работа №2	10
9	Заключительная лекция	17	2					
	Итоговая сдача ДЗ	18		2			18 неделя Итог. сдача ДЗ	
Всего:			18	18				50
...	Зачет							50
	Итого за 7 семестр:							100

### Лекционные темы

Тема 1. Разновидности погрешностей и их оценка по паспортным данным.

Виды измерений физических величин. Разновидности погрешностей. Методы нормирования погрешностей средств измерений. Расчет оценки инструментальной статической погрешности результата измерения по паспортным данным используемого средства измерений.

Тема 2. Разновидности погрешностей и их оценка по паспортным данным.

Изменение погрешности средств измерений во время их эксплуатации. Соотношение случайной и систематической составляющих в результирующей погрешности. Исключение прогрессирующих погрешностей.

Тема 3. Классы распределений погрешностей. Оценка числа необходимых отсчетов.

Некоторые сведения из теории вероятностей. Оценки ширины распределения. Деформация законов распределения при суммировании случайных величин. Часто встречающиеся классы распределений погрешностей. Оценка числа отсчетов "n" для определения ошибки с заданной доверительной вероятностью  $P_d$ . Свойство погрешности  $\Delta 0.9$ .

Тема 4. Расчет погрешности с заданной доверительной вероятностью.

Информационное описание измерений. Число различимых градаций. Энтропийная погрешность. Соотношение между энтропийным и доверительным значениями погрешности. Формулы для расчета погрешности с заданной доверительной вероятностью для часто встречающихся классов погрешностей.

Тема 5. Методы суммирования составляющих погрешности.

Методы расчетного суммирования составляющих результирующей погрешности. Возможные упрощения методики суммирования погрешностей. Расчет погрешности результатов косвенных измерений.

Тема 6. Чувствительность к наличию промахов в экспериментальных данных.

Взаимосвязь существования моментов распределения и возможностей оценки его параметров. Рассеяние оценки координаты центра распределения. Распределение Стьюдента. Сравнительная эффективность различных методов определения координаты центра распределения. Чувствительность к наличию промахов в экспериментальных данных.

Тема 7. Методы исключения промахов. Критерий согласия Пирсона.

Прوماхи и методы их исключения. Учет систематических погрешностей при оценке результатов статистической обработки многократных отсчетов. Методы идентификации формы закона распределения погрешностей экспериментальных данных. Оптимальное число интервалов группирования. Критерий согласия Пирсона.

Тема 8. Однофакторный эксперимент. МНК.

Методы обработки и оценки погрешностей при однофакторном эксперименте. Расчет по экспериментальным данным параметров выбранной аппроксимирующей функции. Метод наименьших квадратов. Чувствительность МНК к неоднородности статистики и обусловленность получаемых решений. Понятие некорректной задачи.

Тема 9. Многофакторный эксперимент.

Методы обработки и оценки погрешностей при многофакторном эксперименте. Простейшее понятие сплайна. Методы отбора наиболее значимых факторов.

Тема 10. Планирование эксперимента.

Пути повышения эффективности измерительного эксперимента. Планирование эксперимента. Оптимальные планы многофакторных экспериментов.

Тема 11. Оценка ошибки решения СЛАУ.

Обусловленность матрицы. Оценка погрешности решения СЛАУ. Сингулярное разложение матрицы и решение минимальной нормы.

### **Темы практических занятий**

Практические занятия проводятся во время чтения лекций и соответствуют их тематике.

2 неделя (2 часа)

Введение. Разновидности погрешностей и оценка погрешностей по паспортным данным.

Исключение прогрессирующих погрешностей.

4 неделя (2 часа)

Классы распределений погрешностей. Оценка числа необходимых отсчетов.

Информационное описание измерений. Энтропийная погрешность.

6 неделя (2 часа)

Расчет погрешности с заданной доверительной вероятностью

Методы суммирования составляющих погрешности.

8 неделя (2 часа)

Расчет погрешности результатов косвенных измерений.

Рассеяние оценки координаты центра распределения. Распределение Стьюдента.

10 неделя (2 часа)

Чувствительность к наличию промахов в экспериментальных данных.

Методы исключения промахов. Критерий согласия Пирсона.

12 неделя (2 часа)

Методы идентификации формы закона распределения погрешностей экспериментальных данных. Методы обработки и оценки погрешностей при однофакторном эксперименте. Метод наименьших квадратов.

14 неделя (2 часа)

Многофакторный эксперимент.

Методы отбора наиболее значимых факторов.

16 неделя (2 часа)

Планирование эксперимента.

Оценка погрешности решения СЛАУ. Сингулярное разложение матрицы и решение минимальной нормы.

## **5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

При реализации различных видов учебной работы в рамках курса предусмотрено использование следующих образовательных технологий:

1. Лекции проводятся с применением мультимедийных средств обучения в виде презентации PowerPoint, с целью в наиболее сжатом концентрированном виде сделать обзор пройденного материала с указанием взаимосвязи между разделами дисциплины, освещением основных изученных подразделов, а также для формирования у студентов общего представления о месте дисциплины в общем перечне дисциплин ООП ВПО 14.03.02 «Ядерные физика и технологии» и о формируемых этой дисциплиной компетенциях.

2. Некоторые вопросы, связанные с изучаемыми темами предлагаются студентам для самостоятельного изучения. Для успешного освоения материала достаточно использования монографий и учебных пособий, приведенных в списке основной и дополнительной литературы.

## **6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ.**

Часы на самостоятельную работу распределяются равномерно на весь курс обучения. Задачи (ДЗ), выводимые на самостоятельное решение, устанавливаются преподавателем в рамках лекционных и практических разделов на 2, 4, 6, 10, 12, 14 неделях, и в зависимости от скорости усвоения материала студентами. Темы для самостоятельного изучения оглашаются преподавателем в конце лекции и заносятся студентами в график самостоятельной работы. 18 неделя – итоговая сдача ДЗ работ.

В течение семестра для контрольного среза усвоения студентами материала проводятся две самостоятельных работы - на 8 и 16 неделях.

Текущий контроль успеваемости проводится также посредством выборочной проверки наличия конспекта лекции.

Зачет проводится в традиционной форме – по билетам. Каждый билет содержит два вопроса и одно практическое задание.

## **7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

а) основная литература:

7.1. П.В. Новицкий, И.А. Зограф. Оценка погрешностей результатов измерений. - Л.: Энергоатомиздат, 1991. - 304 с.

7.2. В.А. Гранковский, Т.Н. Сирая. Методы обработки экспериментальных данных при измерениях. – Л.: Энергоатомиздат, 1990. – 288 с.

7.3. В.И. Мудров, В.Л. Кушко. Методы обработки измерений. Квазиправдоподобные оценки. - М.: Радио и связь, 1983. – 304 с.

7.4. В.С. Пугачев. Теория вероятностей и математическая статистика. - М.: Наука, 1979. – 496 с.

7.5. Д. Худсон. Статистика для физиков. - М.: Мир, 1970. – 296 с.

б) дополнительная литература:

7.6. М.Дж. Кендал, А. Стьюарт. Статистические выводы и связи. - М.: Наука, 1973. – 899 с.

7.7. Ю.С. Завьялов, Б.И. Квасов, В.Л. Мирошниченко. Методы сплайн-функций. - М.: Наука, 1980. – 350 с.

7.8. А.Н. Тихонов, В.Я. Арсенин. Методы решения некорректных задач. – М.: Наука, 1986. – 288 с.

7.9. Дж. Себер. Линейный регрессионный анализ. - М.: Мир, 1980. – 456 с.

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

<http://www.ph4s.ru>, раздел Математика, электронный курс по математическому анализу «Дифференциальное исчисление», разработанный кафедрой ВМ НИЯУ МИФИ: <http://80.250.160.82/index.php>.

## **8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

Мультимедийная аудитория (Л-318). Компьютерный класс, оснащённый компьютерами с выходом в Интернет, а также принтером, сканером, ксероксом:

- Core Dual 2,4 МГц (2009 г.) - 15 шт.
- Принтер HP LJ P3005 DN (2009 г.) - 1 шт.
- Сканер HP SJ 4370 – 1 шт.
- Ноутбук Samsung (2008)
- Проектор ASER X1260 (2008)

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ВО НИЯУ МИФИ по направлению подготовки 14.03.02 «Ядерные физика и технологии».

Автор: \_\_\_\_\_ преподаватель Колегов А.А.

Рецензент: \_\_\_\_\_ к.ф.-м.н., доцент Хмельницкий Д.В.

Программа одобрена на заседании кафедры Ядерной физики и спецтехнологий  
\_\_\_\_\_  
г., протокол № \_\_\_\_\_