

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им.
Н.И. Лобачевского»**

Физический факультет

УТВЕРЖДАЮ:

И.О. декана _____ Малышев А.И.

«_____» _____ 20__ г.

Рабочая программа дисциплины
«Статистические методы обработки результатов измерений»

Уровень высшего образования

бакалавриат

Направление подготовки
03.03.02 - Физика

Профиль подготовки
«Кристаллофизика»

Квалификация (степень) выпускника

бакалавр

Форма обучения - очная

Нижний Новгород

2017 Год

(год поступления 2016)

1. Место дисциплины в структуре ОПОП.

Дисциплина «Статистические методы обработки результатов измерений» относится к обязательным дисциплинам вариативной части профессионального цикла основной образовательной программы по направлению 03.03.02 – Физика, профиль подготовки «Кристаллофизика», изучается на 4 году обучения в 7 семестре. Для усвоения данного курса необходимо изучить некоторые модули (дисциплины) в рамках образовательной программы бакалавра по направлению Физика: аналитическая геометрия, векторная алгебра, математический анализ, численные методы, основы программирования, теория вероятностей и математическая статистика. Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единицы.

Цель освоения дисциплины.

1. знание статистических методов обработки данных,
2. умение решать задачи статистической обработки результатов измерений
2. **Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников)**

Формируемые компетенции (код компетенции, уровень освоения – при наличии в карте компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), характеризующие этапы формирования компетенций
(ОПК-2) способность использовать в профессиональной деятельности базовые знания фундаментальных разделов математики, создавать математические модели типовых профессиональных задач и интерпретировать полученные результаты с учетом границ применимости моделей	З1 Знать основные положения математической статистики, принципы построения и проверки статистических гипотез, методы линейной регрессии. У1 Уметь выполнять точечные оценки генеральных параметров, строить доверительные интервалы для оцениваемых величин, проверять статистические гипотезы, проводить факторный анализ массивов данных. В1 Владеть методами расчёта интервальных оценок параметров генеральной совокупности, вычисления критериев проверки статистических гипотез, методикой применения дисперсионного анализа.
(ОПК-5) способность использовать основные методы, способы и средства получения, хранения, переработки информации и навыки работы с компьютером как средство управления информацией	З1 Знать компьютерные приложения, применяемые в статистических расчётах У1 Уметь использовать стандартные программы статистической обработки данных, а также создавать оригинальные программы для решения специализированных статистических задач. В1 Владеть практикой применения компьютерной техники для выполнения статистической обработки результатов эксперимента.
(ПК-1) способность использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных	З1 Знать методы статистической обработки результатов физических экспериментов У1 Уметь применять статистические методы для обработки результатов измерений в разных областях физики.

физических дисциплин	В1 Владеть методикой статистической обработки результатов измерений при решении задач кристаллофизики, материаловедения и нанoeлектроники.
----------------------	---

3. Структура и содержание дисциплины «Статистические методы обработки результатов измерений»

Объем дисциплины составляет 2 зачетных единиц, всего 72 часа, из которых 32 часов составляет контактная работа обучающегося с преподавателем (32 часов занятия лабораторного типа, в том числе 2 часа – текущий контроль, 1 час – мероприятия промежуточной аттестации), 40 часов составляет самостоятельная работа обучающегося.

Содержание дисциплины «Статистические методы обработки результатов измерений»

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины, форма промежуточной аттестации по дисциплине	Всего (часы)	В том числе				
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них				Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Занятия лабораторного типа	Всего	
	7 семестр очное					
Оценки измеряемой величины по результатам измерений	4			2	2	2
Оценки погрешностей по результатам измерений	4			2	2	2
Построение доверительных интервалов для измеряемой величины	4			2	2	2
Построение доверительных интервалов для средне-квадратичного отклонения	4			2	2	2
Проверка статистических гипотез о виде распределения	7			3	3	4
Проверка статистических гипотез о совпадении средних	7			3	3	4
Анализ промахов	4			2	2	2
Проверка статистич-х гипотез о совпадении дисперсий	4			2	2	2
Однофакторный ранговый анализ	7			3	3	4
Однофакторный дисперсионный анализ	4			2	2	2
Двухфакторный анализ	4			2	2	2

Линейная корреляция	7			3	3	4
Линейная регрессия	8			4	4	4
В т.ч.текущий контроль	2					
Промежуточная аттестация – зачет						

Содержание разделов дисциплины.

1. Оценки измеряемой величины по результатам измерений. Состоятельные и несмещенные оценки генерального среднего по данной выборке. Среднее статистическое, выборочная медиана.

2. Оценки погрешностей по результатам измерений. Состоятельные оценки генеральной дисперсии. Несмещенная оценка среднеквадратичного отклонения.

3. Построение доверительных интервалов для измеряемой величины. Принципы построения доверительных интервалов. Расчет границ доверительного интервала для измеряемой величины.

4. Построение доверительных интервалов для средне-квадратичного отклонения. Расчет границ доверительного интервала для генеральной дисперсии.

5. Проверка статистических гипотез о виде распределения. Использование критерия Пирсона для проверки статистических гипотез о виде распределения. Оценки параметров распределения по выборке.

6. Проверка статистических гипотез о совпадении средних. Статистический анализ двух выборок. Критерии Стьюдента и Уилкоксона для проверки статистических гипотез о совпадении средних двух измеряемых величин.

7. Анализ промахов. Статистический анализ аномальных результатов с помощью критерия Стьюдента.

8. Проверка статистических гипотез о совпадении дисперсий. Распределение Фишера-Снедекора. Проверка статистической гипотезы о совпадении дисперсий двух измеряемых величин.

9. Одно-факторный ранговый анализ. Исследование влияния фактора на измеряемую величину. Однофакторный ранговый анализ с помощью критериев Краскела-Уоллиса и Джонкхиера.

10. Одно-факторный дисперсионный анализ. Однофакторный дисперсионный анализ. Нецентральное распределение «хи-квадрат». Остаточная дисперсия. Использование критерия Фишера-Снедекора.

11. Двух-факторный анализ. Двухфакторный анализ. Уровни и блоки фактора. Эффекты блоков и обработки. Критерии Фридмана и Пейджа.

12. Линейная корреляция. Эмпирический коэффициент линейной корреляции. Расчет доверительного интервала для коэффициента линейной корреляции. Проверка гипотезы о независимости измеряемых величин.

13. Линейная регрессия. Расчет параметров линейной регрессии методом наименьших квадратов. Непараметрическая линейная регрессия. Статистика Кенделла. Расчет рангового коэффициента корреляции.

План практических занятий.

1. Расчеты среднего статистического, выборочной медианы и экстремального среднего по исходным данным.

2. Расчеты выборочной дисперсии и оценки «s-квадрат» и размаха по исходным данным.

3. Расчет границ доверительного интервала для измеряемой величины с помощью коэффициентов Стьюдента.
4. Расчет границ доверительного интервала для дисперсии измеряемой величины с помощью квантилей распределения «хи-квадрат».
5. Проверка статистической гипотезы о конкретном виде распределения с помощью критерия Пирсона с предварительной оценкой параметров распределения по исходным данным.
6. Проверка статистической гипотезы о совпадении средних значений двух измеряемых величин. Расчет критерия Стьюдента. Расчет рангового критерия Уилкоксона.
7. Проверка статистической гипотезы о аномальности отдельных измерений с помощью критерия Стьюдента.
8. Проверка статистической гипотезы о совпадении дисперсий двух измеряемых величин с помощью критерия Фишера-Снедекора.
9. Расчеты ранговых критериев Краскела-Уоллиса и Джонкхиера для проверки статистических гипотез о влиянии фактора на измеряемую величину.
10. Расчет двух оценок дисперсии измеряемой величины. Проверка статистической гипотезы о влиянии фактора на измеряемую величину с помощью критерия Фишера-Снедекора.
11. Расчеты ранговых критериев Фридмана и Пейджа для проведения двухфакторного анализа влияния фактора на измеряемую величину.
12. Расчеты эмпирического коэффициента линейной корреляции и границ доверительного интервала для коэффициента линейной корреляции.
13. Расчет параметров линейной регрессии методом наименьших квадратов и рангового коэффициент корреляции Кенделла.

4. Образовательные технологии.

Занятия по дисциплине проходят в форме лабораторных занятий, на которых проводятся обсуждения рассматриваемых проблем в свете последних методических достижений в данной области. Самостоятельная работа включает в себя выполнение домашних заданий и теоретическую подготовку к занятиям.

5. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов.

Самостоятельная работа студентов предусматривает выполнение домашних заданий, решение задач, изучение рекомендованной литературы, разработку расчетных программ и подготовку к зачету.

Оценочные средства для контроля текущей успеваемости включают в себя устный опрос на занятиях, активность в обсуждении качественных вопросов.

Для контроля промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины «Статистические методы обработки результатов измерений» используются задачи и нижеприведенные вопросы.

Вопросы для контроля

1. Записать расчетные формулы границ доверительного интервала для измеряемой величины.
2. Записать расчетные формулы границ доверительного интервала для дисперсии измеряемой величины.
3. Записать выражение критерия Пирсона.
4. Записать выражение рангового критерия Уилкоксона.
5. Записать выражение критерия Стьюдента для проверки статистической гипотезы о совпадении средних значений двух измеряемых величин.
6. Записать выражение эмпирического коэффициента линейной корреляции.
7. Записать выражение рангового критерия Краскела-Уоллиса.
8. Записать выражение рангового критерия Джонкхиера.
9. Вывести формулы для параметров линейной регрессии методом наименьших квадратов.
10. Записать выражение рангового коэффициент корреляции Кенделла.

Список номеров задач или формулировки задач для контроля.

Для каждой темы данного курса, приведенной в разделе «план практических занятий» обучающиеся разрабатывают расчетную программу с помощью пакета “Mathematica”, на алгоритмическом языке C++ или в интерактивной среде Delphi.

6. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине. (в приложении)

6.1 Перечень компетенций выпускников образовательной программы с указанием результатов обучения (знаний, умений, владений), характеризующих этапы их формирования, описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования

(ОПК-2) способность использовать в профессиональной деятельности базовые знания фундаментальных разделов математики, создавать математические модели типовых профессиональных задач и интерпретировать полученные результаты с учетом границ применимости моделей

Индикаторы компетенции	ОЦЕНКИ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ						
	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
<u>Знания</u>	Отсутствие	Уровень	Минимальн	Уровень	Уровень	Уровень	

	знаний теоретическо-материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа	знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки.	о допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок.	знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок	знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок	знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.
<u>Умения</u>	Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки.	Продemonстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продemonстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме.	Продemonстрированы все основные умения, решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
<u>Навыки</u>	Отсутствие владения материалом. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки.	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов.	Продemonстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов.	Продemonстрирован творческий подход к решению нестандартных задач
Шкала оценок по проценту правильно выполненных контрольных заданий	0 – 20 %	20 – 50 %	50 – 70 %	70-80 %	80 – 90 %	90 – 99 %	100%

(ОПК-5) способность использовать основные методы, способы и средства получения, хранения, переработки информации и навыки работы с компьютером как средство управления информацией

Индикаторы компетенции	ОЦЕНКИ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ						
	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
<u>Знания</u>	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки.	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок.	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько незначительных ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок.	Уровень знаний в объеме, превышающим программу подготовки.
<u>Умения</u>	Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки.	Продemonстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продemonстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными незначительными недочетами, выполнены все задания в полном объеме.	Продemonстрированы все основные умения, решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
<u>Навыки</u>	Отсутствие владения материалом. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки.	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов.	Продemonстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов.	Продemonстрирован творческий подход к решению нестандартных задач
Шкала оценок по	0 – 20 %	20 – 50 %	50 – 70 %	70-80 %	80 – 90 %	90 – 99 %	100%

проценту правильно выполнен ных контроль ных заданий							
--	--	--	--	--	--	--	--

(ПК-1) способность использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин

Индикаторы компетенции	ОЦЕНКИ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ						
	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
<u>Знания</u>	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки.	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок.	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько незначительных ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.
<u>Умения</u>	Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки.	Продemonстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продemonстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными незначительными недочетами, выполнены все задания в полном объеме.	Продemonстрированы все основные умения, решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
<u>Навыки</u>	Отсутствие владения материалом. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки.	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов.	Продemonстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов.	Продemonстрированы творческий подход к решению нестандартных задач

	обучающег ося от ответа						
Шкала оценок по проценту правильн о выполнен ных контроль ных заданий	0 – 20 %	20 – 50 %	50 – 70 %	70-80 %	80 – 90 %	90 – 99 %	100%

6.2 Описание шкал оценивания

Критерии оценок зачета:

зачтено – успешное выполнение практических заданий, выданных преподавателем, владение программным материалом, понимание сущности рассматриваемых процессов и явлений, умение самостоятельно обозначить точки активного роста нового знания.

незачтено – невыполнение практических заданий, выданных преподавателем, полное непонимание смысла проблем, не достаточно полное владение терминологией, неумение самостоятельно обозначить проблемные ситуации.

6.3 Критерии и процедуры оценивания результатов обучения по модулю, характеризующих этапы формирования компетенций.

Для оценивания результатов обучения в виде знаний используются следующие процедуры и технологии:

- индивидуальное собеседование,
- письменные ответы на вопросы.

Для оценивания результатов обучения в виде умений и владений используются следующие процедуры и технологии: практические контрольные задания. Типы практических контрольных заданий:

- установление последовательности (описать алгоритм выполнения действия),
- указать возможное влияние факторов на последствия реализации умения и т.д.
- отчет

6.4 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения, характеризующих этапы формирования компетенций и (или) для итогового контроля сформированности компетенции. (В приложении)

6.5 Методические материалы, определяющие процедуры оценивания. (В приложении)

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины «Статистические методы обработки результатов измерений»

а) основная литература:

1. Тюрин Ю.Н., Макаров А.А. Анализ данных на компьютере. М.: Финансы и статистика. 1995. <http://www.lib.unn.ru/php/details.php?DocId=455174&DB=1> (5 шт)

б) дополнительная литература:

1. Холлендер М., Вулф Д. Непараметрические методы статистики. М., «Финансы и статистика». 1967. <http://www.lib.unn.ru/php/details.php?DocId=73560&DB=1> (2 экз)

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы.

Используются оригинальные программные средства, разрабатываемые обучающимися во время изучения данного курса.

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины «Статистические методы обработки результатов измерений»

Материально-техническое обеспечение дисциплины «Статистические методы обработки результатов измерений» обусловлено наличием необходимого количества учебников в библиотеке, некоторые из них представлены на сайте физического факультета в электронном виде. Кроме того, при необходимости выполнения некоторых математических расчетов студенты могут воспользоваться техническими возможностями терминал-класса с установленным лицензионным программным обеспечением.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО с учетом рекомендаций и ПрООП ВПО по направлению 03.03.02 «Физика» профили подготовки «Кристаллофизика».

Автор: доцент кафедры КЭФ Фаддеев М.А.

Рецензент (ы) _____

Заведующий кафедрой _____

Программа рекомендована на заседании кафедры КрЭФ от _____ года, протокол № _____

Программа одобрена на заседании методической комиссии физического факультета от _____ года, протокол № _____