

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

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

Физический факультет

---

УТВЕРЖДЕНО

решением Ученого совета ННГУ

протокол № 6 от 31.05.2023 г.

**Рабочая программа дисциплины**

Статистические методы обработки результатов измерений

---

Уровень высшего образования

Бакалавриат

---

Направление подготовки / специальность

03.03.02 - Физика

---

Направленность образовательной программы

Физика конденсированного состояния

---

Форма обучения

очная

---

г. Нижний Новгород

2023 год начала подготовки

## 1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.1.ДВ.03.02.05 Статистические методы обработки результатов измерений относится к части, формируемой участниками образовательных отношений образовательной программы.

## 2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства	
	Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине	Для текущего контроля успеваемости	Для промежуточной аттестации
ПК-3: Способен проводить научные исследования с помощью современной приборной базы, сложного физического оборудования и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта	ИД ПК-3: Демонстрация способности проводить научные исследования с помощью современной приборной базы, сложного физического оборудования и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта	ИД ПК-3: Знает базовые понятия математической статистики и методы получения статистических оценок. Умеет решать основные задачи статистической обработки результатов экспериментов. Владеет методами математической статистики в применении к задачам обработки результатов измерений.	Задачи	Зачёт: Контрольные вопросы

## 3. Структура и содержание дисциплины

### 3.1 Трудоемкость дисциплины

	<b>очная</b>
<b>Общая трудоемкость, з.е.</b>	<b>2</b>
<b>Часов по учебному плану</b>	<b>72</b>
в том числе	
<b>аудиторные занятия (контактная работа):</b>	
- занятия лекционного типа	<b>0</b>
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	<b>32</b>
- КСР	<b>1</b>
<b>самостоятельная работа</b>	<b>39</b>
<b>Промежуточная аттестация</b>	<b>0</b> <b>Зачёт</b>

### 3.2. Содержание дисциплины

(структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий)

Наименование разделов и тем дисциплины	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 (практические занятия/лабораторные работы), часы	Всего	
	0 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0
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 среднеквадратичного отклонения	4		2	2	2
Проверка статистических гипотез о виде распределения	9		4	4	5
Проверка статистических гипотез о совпадении средних	8		3	3	5
Анализ промахов	4		2	2	2
Проверка статистических гипотез о совпадении дисперсий	4		2	2	2
Однофакторный ранговый анализ	8		3	3	5
Однофакторный дисперсионный анализ	4		2	2	2
Двухфакторный анализ	4		2	2	2
Линейная корреляция	7		3	3	4
Линейная регрессия	7		3	3	4
Аттестация	0				
КСР	1				1
Итого	72	0	32	33	39

#### Содержание разделов и тем дисциплины

1. Состоятельные и несмещенные оценки генерального среднего по данной выборке. Среднее статистическое, выборочная медиана.
2. Состоятельные оценки генеральной дисперсии. Несмещенная оценка среднеквадратичного отклонения.
3. Принципы построения доверительных интервалов. Расчет границ доверительного интервала для измеряемой величины.
4. Расчет границ доверительного интервала для генеральной дисперсии.
5. Использование критерия Пирсона для проверки статистических гипотез о виде распределения. Оценки параметров распределения по выборке.

6. Статистический анализ двух выборок. Критерии Стьюдента и Уилкоксона для проверки статистических гипотез о совпадении средних двух измеряемых величин.
7. Статистический анализ аномальных результатов с помощью критерия Стьюдента.
8. Распределение Фишера-Снедекора. Проверка статистической гипотезы о совпадении дисперсий двух измеряемых величин.
9. Исследование влияния фактора на измеряемую величину. Однофакторный ранговый анализ с помощью критериев Краскела-Уоллиса и Джонкхиера.
10. Однофакторный дисперсионный анализ. Нецентральное распределение «хи-квадрат». Остаточная дисперсия. Использование критерия Фишера-Снедекора.
11. Двухфакторный анализ. Уровни и блоки фактора. Эффекты блоков и обработки. Критерии Фридмана и Пейджа.
12. Эмпирический коэффициент линейной корреляции. Расчет доверительного интервала для коэффициента линейной корреляции. Проверка гипотезы о независимости измеряемых величин.
13. Расчет параметров линейной регрессии методом наименьших квадратов. Непараметрическая линейная регрессия. Статистика Кенделла. Расчет рангового коэффициента корреляции.

#### **4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся**

Самостоятельная работа обучающихся включает в себя подготовку к контрольным вопросам и заданиям для текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведенным в п. 5.

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

#### **5. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)**

##### **5.1 Типовые задания, необходимые для оценки результатов обучения при проведении текущего контроля успеваемости с указанием критериев их оценивания:**

##### **5.1.1 Типовые задания (оценочное средство - Задачи) для оценки сформированности компетенции ПК-3:**

###### 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.

#### **Критерии оценивания (оценочное средство - Задачи)**

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	успешное выполнение задач, выданных преподавателем
не зачтено	невыполнение задач, выданных преподавателем

#### **5.2. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине при промежуточной аттестации**

##### **Шкала оценивания сформированности компетенций**

Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций)	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
	не зачтено		зачтено				
<u>Знания</u>	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.

	знаний вследствие отказа обучающегося от ответа		много негрубых ошибок	подготовки . Допущено несколько негрубых ошибок	подготовки . Допущено несколько несущественных ошибок	подготовк и. Ошибок нет.	
<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	Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с отдельным и несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
<u>Навыки</u>	Отсутствие базовых навыков. 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 некоторым и недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторым и недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов	Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов	Продемонстрирован творческий подход к решению нестандартных задач

### Шкала оценивания при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
зачтено	<b>превосходно</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне выше предусмотренного программой
	<b>отлично</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично».
	<b>очень хорошо</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо»
	<b>хорошо</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо».
	<b>удовлетворительно</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
не зачтено	<b>неудовлетворительно</b>	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно».

	<b>плохо</b>	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»
--	--------------	---

### 5.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения на промежуточной аттестации с указанием критериев их оценивания:

#### 5.3.1 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ПК-3

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.

#### Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольные вопросы)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	владение программным материалом, понимание сущности рассматриваемых процессов и явлений, умение самостоятельно обозначить точки активного роста нового знания, успешное выполнение практических заданий, выданных преподавателем
не зачтено	полное непонимание смысла проблем, не достаточно полное владение терминологией, неумение самостоятельно обозначить проблемные ситуации, невыполнение практических заданий, выданных преподавателем

### 6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

Основная литература:

1. Тюрин Ю. Н. Анализ данных на компьютере : учебное пособие . - 4-е изд., перераб. - М. :

Форум, 2010. - 368 с. - ISBN 978-5-8199-0356-8 : 139.41., 5 экз.

2. Пустыльник Евгений Изиевич. Статистические методы анализа и обработки наблюдений. - М. : Наука, 1968. - 288 с. - 1.09., 3 экз.

Дополнительная литература:

1. Холлендер Майлс. Непараметрические методы статистики / пер. с англ. Д. С. Шмерлинг ; науч. ред. Ю. П. Адлера, Ю. Н. Тюрина ; предисл. Ю. П. Адлера [и др.]. - М. : Финансы и статистика, 1983. - 518 с. : граф. - (Библиотечка иностранных книг для экономистов и статистиков). - 4.30., 1 экз.

2. Ликеш Иржи. Основные таблицы математической статистики / пер. с чеш. Ю. А. Данилова. - М. : Финансы и статистика, 1985. - 356 с. : ил. - (Библиотечка иностранных книг для экономистов). - 2.70., 2 экз.

3. Кендалл М. Дж. Статистические выводы и связи / пер. с англ. Л. И. Гальчука, А. Т. Терехина ; под ред. А. Н. Колмогорова. - М. : Наука, 1973. - 899 с. - 4.34., 3 экз.

Программное обеспечение и Интернет-ресурсы (в соответствии с содержанием дисциплины):

Не используется

#### **7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)**

Учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной программой, оснащены мультимедийным оборудованием (проектор, экран), техническими средствами обучения, компьютерами.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки/специальности 03.03.02 - Физика.

Автор(ы): Фаддеев Михаил Андреевич, кандидат физико-математических наук, доцент.

Заведующий кафедрой: Чупрунов Евгений Владимирович, доктор физико-математических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 20.05.2022, протокол № б/н.