

ИНСТИТУТ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ И ТЕХНОЛОГИЙ

КАФЕДРА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ И КОСМОФИЗИКИ

ОДОБРЕНО УМС ИЯФИТ

Протокол № 01/423-573.1

от 20.04.2023 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

СТАТИСТИКА В ФИЗИКЕ ЧАСТИЦ

Направление подготовки
(специальность)

[1] 14.03.02 Ядерные физика и технологии

Семестр	Трудоемкость, кред.	Общий объем курса, час.	Лекции, час.	Практич. занятия, час.	Лаборат. работы, час.	В форме практической подготовки/В	СРС, час.	КСР, час.	Форма(ы) контроля, экс./зач./КР/КП
6	3	108	15	15	15		27	0	Э
Итого	3	108	15	15	15	15	27	0	

АННОТАЦИЯ

Изучаются статистические методы в экспериментальной физике

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Целями освоения учебной дисциплины являются овладение методами получения оценок параметров и проверки гипотез в процессе анализа экспериментальных данных.

2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Данный курс позволяет студенту приобрести знания, необходимые для проведения статистического анализа данных. Эти знания необходимы для выполнения лабораторных практических работ по курсам кафедры, выполнения проектов по программе учебно-исследовательской работы студентов в рамках научных лабораторий, а также при выполнении дипломных проектов. Полученные знания являются необходимыми для исследовательской работы в практически любом научном направлении.

3. ФОРМИРУЕМЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Универсальные и(или) общепрофессиональные компетенции:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
--------------------------------	--

Профессиональные компетенции в соответствии с задачами и объектами (областями знаний) профессиональной деятельности:

Задача профессиональной деятельности (ЗПД)	Объект или область знания	Код и наименование профессиональной компетенции; Основание (профессиональный стандарт-ПС, анализ опыта)	Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции
научно-исследовательский			
изучение научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по направлению исследований;	элементарные частицы, атомное ядро и плазма, газообразное и конденсированное состояние вещества, лазеры и их применения, ядерные реакторы, материалы ядерных реакторов, ядерные материалы и системы обеспечения их безопасности,	ПК-9.1 [1] - 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;	3-ПК-9.1[1] - знать методы поиска, хранения, обработки и анализа информации из различных источников и баз данных, методы представления ее в требуемом формате с использованием информационных, компьютерных и сетевых технологий;

	<p>ускорители заряженных частиц, современная электронная схемотехника, электронные системы ядерных и физических установок, системы автоматизированного управления ядерно-физическими установками,</p>	<p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011</p>	<p>У-ПК-9.1[1] - уметь 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; В-ПК-9.1[1] - владеть методами поиска, хранения, обработки и анализа информации из различных источников и баз данных, методами представления ее в требуемом формате с использованием информационных, компьютерных и сетевых технологий;</p>
<p>проведение экспериментов по заданным методикам, обработка и анализ результатов;</p>	<p>элементарные частицы, атомное ядро и плазма, газообразное и конденсированное состояние вещества, лазеры и их применения, ядерные реакторы, материалы ядерных реакторов, ядерные материалы и системы обеспечения их безопасности, ускорители заряженных частиц, современная электронная схемотехника, электронные системы ядерных и физических установок, системы автоматизированного управления ядерно-физическими установками,</p>	<p>ПК-9.2 [1] - Способен участвовать в научных исследованиях в области физики частиц и ядра, космофизике и космологии, к самостоятельному определению необходимых средств и к их использованию для решения поставленных задач</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011</p>	<p>3-ПК-9.2[1] - Знать методы исследования в области физики частиц и ядра, космофизике и космологии, методы определения необходимых средств и их использования для решения поставленных задач; У-ПК-9.2[1] - Уметь применять методы исследования в области физики частиц и ядра, космофизике и космологии, уметь применять методы определения необходимых средств и их использования для решения поставленных задач; В-ПК-9.2[1] - Владеть методами</p>

			исследования в области физики частиц и ядра, космофизике и космологии, и методы определения необходимых средств и их использования для решения поставленных задач
проведение технических измерений, составление описаний проводимых исследований, подготовка данных для составления научных обзоров и публикаций;	элементарные частицы, атомное ядро и плазма, газообразное и конденсированное состояние вещества, лазеры и их применения, ядерные реакторы, материалы ядерных реакторов, ядерные материалы и системы обеспечения их безопасности, ускорители заряженных частиц, современная электронная схемотехника, электронные системы ядерных и физических установок, системы автоматизированного управления ядерно-физическими установками,	ПК-9.3 [1] - Способен работать с детекторами и установками в области физики частиц и ядра, над их оптимизацией с применением средств их диагностики <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011	3-ПК-9.3[1] - Знать принципы работы детекторов и установок в области физики частиц и ядра и методы их оптимизацией с применением средств их диагностики;; У-ПК-9.3[1] - Уметь проводить измерения с помощью детекторов и установок в области физики частиц и ядра, уметь выполнять их оптимизацию с применением средств их диагностики;; В-ПК-9.3[1] - Владеть методами измерения с помощью детекторов и установок в области физики частиц и ядра, владеть методами их оптимизацию с применением средств диагностики;
проведение экспериментов по заданным методикам, обработка и анализ результатов;	элементарные частицы, атомное ядро и плазма, газообразное и конденсированное состояние вещества, лазеры и их применения, ядерные реакторы, материалы ядерных реакторов, ядерные материалы и системы обеспечения их безопасности, ускорители	ПК-9.4 [1] - Способен к общему физическому анализу процессов взаимодействия элементарных частиц, их эффектов на коллайдерах и в космическом пространстве; <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011	3-ПК-9.4[1] - Знать методы физического анализа процессов взаимодействия элементарных частиц, их эффектов на коллайдерах и в космическом пространстве;; У-ПК-9.4[1] - Уметь выполнять физический анализ процессов взаимодействия

	заряженных частиц, современная электронная схемотехника, электронные системы ядерных и физических установок, системы автоматизированного управления ядерно-физическими установками,		элементарных частиц, их эффектов на коллайдерах и в космическом пространстве;; В-ПК-9.4[1] - Владеть методами физического анализа процессов взаимодействия элементарных частиц, их эффектов на коллайдерах и в космическом пространстве;
	проектный		
участие в комплексном проектировании по принципу CDIO: планирование, проектирование, производство и применение реальных систем, процессов и продуктов, применению принципа в атомной отрасли и других высокотехнологичных отраслях;	разработка ядерных и физических установок, технологии применения приборов и установок для регистрации излучений, разделения изотопных и молекулярных смесей, а также анализа веществ,	ПК-9.7 [1] - Способен к участию в комплексном проектировании по принципу CDIO: планирование, проектирование, производство и применение реальных систем, процессов и продуктов, применению принципа в атомной отрасли и других высокотехнологичных отраслях; <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011	3-ПК-9.7[1] - методы комплексного проектировании по принципу CDIO: планирование, проектирование, производство и применение реальных систем, процессов и продуктов; У-ПК-9.7[1] - применять принцип CDIO при комплексное проектирование в атомной отрасли и других высокотехнологичных отраслях; В-ПК-9.7[1] - методами комплексного проектировании по принципу CDIO, методами применения принципа в атомной отрасли и других высокотехнологичных отраслях
сбор и анализ информационных источников и исходных данных для проектирования приборов и установок;	элементарные частицы, атомное ядро и плазма, газообразное и конденсированное состояние вещества, лазеры и их	ПК-9.8 [1] - Способен проводить основные расчёты при проектировании различных детекторов и установок в области физики частиц и ядра,	3-ПК-9.8[1] - методы проведения расчётов при проектировании различных детекторов и установок в области физики частиц и ядра, а также методы

	<p>применения, ядерные реакторы, материалы ядерных реакторов, ядерные материалы и системы обеспечения их безопасности, ускорители заряженных частиц, современная электронная схемотехника, электронные системы ядерных и физических установок, системы автоматизированного управления ядерно-физическими установками,</p>	<p>а также контроль их соответствия исходным требованиям с использованием средств диагностики;</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011</p>	<p>контроля их соответствия исходным требованиям с использованием средств диагностики;; У-ПК-9.8[1] - проводить расчёты при проектировании различных детекторов и установок в области физики частиц и ядра, а также осуществлять контроль их соответствия исходным требованиям с использованием средств диагностики;; В-ПК-9.8[1] - методами проведения расчётов при проектировании различных детекторов и установок в области физики частиц и ядра, а также методами контроля их соответствия исходным требованиям с использованием средств диагностики;</p>
--	---	---	---

4. ВОСПИТАТЕЛЬНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ДИСЦИПЛИНЫ

Направления/цели воспитания	Задачи воспитания (код)	Воспитательный потенциал дисциплин
-----------------------------	-------------------------	------------------------------------

5. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Разделы учебной дисциплины, их объем, сроки изучения и формы контроля:

№ п.п	Наименование раздела учебной дисциплины	Недели	Лекции/ Практик. (семинары)/ Лабораторные работы, час.	Обязат. текущий контроль (форма*, неделя)	Максимальный балл за раздел**	Аттестация раздела (форма*, неделя)	Индикаторы освоения компетенции
	<i>6 Семестр</i>						
1	Теория вероятности	1-8	8/8/8		25	к.р-8	3-ПК-9.1, У-ПК-9.1, В-ПК-9.1, 3-ПК-9.2, У-ПК-9.2, В-ПК-9.2, 3-ПК-9.3, У-ПК-9.3, В-ПК-9.3, 3-ПК-9.4, У-ПК-9.4, В-ПК-9.4, 3-ПК-9.7, У-ПК-9.7, В-ПК-9.7, 3-ПК-9.8, У-

							ПК-9.8, В-ПК-9.8
2	Методы обработки данных	9-15	7/7/7		25	к.р-15	3-ПК-9.1, У-ПК-9.1, В-ПК-9.1, 3-ПК-9.2, У-ПК-9.2, В-ПК-9.2, 3-ПК-9.3, У-ПК-9.3, В-ПК-9.3, 3-ПК-9.4, У-ПК-9.4, В-ПК-9.4, 3-ПК-9.7, У-ПК-9.7, В-ПК-9.7, 3-ПК-9.8, У-ПК-9.8, В-ПК-

							9.8
	<i>Итого за 6 Семестр</i>		15/15/15		50		
	Контрольные мероприятия за 6 Семестр				50	Э	3-ПК-9.1, У-ПК-9.1, В-ПК-9.1, 3-ПК-9.2, У-ПК-9.2, В-ПК-9.2, 3-ПК-9.3, У-ПК-9.3, В-ПК-9.3, 3-ПК-9.4, У-ПК-9.4, В-ПК-9.4, 3-ПК-9.7, У-ПК-9.7, В-ПК-9.7, 3-ПК-9.8, У-ПК-9.8, В-ПК-9.8

* – сокращенное наименование формы контроля

** – сумма максимальных баллов должна быть равна 100 за семестр, включая зачет и (или) экзамен

Сокращение наименований форм текущего контроля и аттестации разделов:

Обозначение	Полное наименование
к.р	Контрольная работа
Э	Экзамен

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Неделя	Темы занятий / Содержание	Лек., час.	Пр./сем., час.	Лаб., час.
	<i>6 Семестр</i>	15	15	15
1-8	Теория вероятности	8	8	8
1	Введение Научное знание, соотношение теории и эксперимента. Задачи статистического анализа в экспериментальной физике. Основные сведения из теории вероятностей. Функция плотности вероятности случайных величин. Моменты функции распределения: математическое ожидание, дисперсия, коэффициент корреляции. Частотный и байесовский подход в статистическом анализе данных. Точечная оценка в частотном подходе. Условная вероятность. Теорема Байеса. Априорная и апостериорная плотности. Интерпретация понятия вероятности.	Всего аудиторных часов		
		1	1	1
		Онлайн		
		0	0	0
2 - 3	Распределения 1 Моменты функции распределения: математическое ожидание, дисперсия. Закон больших чисел. Плотность распределения суммы случайных величин, закон свертки. Основные функции распределения плотности вероятности случайных величин. Дискретные распределения: распределение Пуассона, биномиальное распределение, мультиномиальное распределение. Непрерывные распределения: равномерное распределение, экспоненциальное распределение, Гауссовское (нормальное) распределение, центральная предельная теорема, многомерное нормальное распределение, χ^2 -распределение, гамма-распределение, t-распределение Стьюдента, распределение Брейта-Вигнера.	Всего аудиторных часов		
		2	2	2
		Онлайн		
		0	0	0
4 - 5	Распределение 2 Функция плотности вероятности случайных величин и кумулятивная функция распределения. Анализ экспериментальных данных, представление экспериментальных данных в виде гистограмм. Одномерные и двумерные гистограммы. Параметры Гауссовского (нормального) распределения и их применение при анализе данных. Теория принятия статистических решений. Функция потерь. Критерии	Всего аудиторных часов		
		2	2	2
		Онлайн		
		0	0	0

	принятия решений. Минимаксное решение.			
6	Оценка параметров распределений 1 Оценка параметров распределений из экспериментальных данных. Методы получения оценок параметров: метод моментов, метод максимального правдоподобия, метод наименьших квадратов.	Всего аудиторных часов		
		1	1	1
		Онлайн		
		0	0	0
7	Оценка параметров распределений 2 Поиск минимума методом наименьших квадратов при линейной зависимости от теоретических параметров. Подгонка (фитирование) экспериментальных данных. Минимизация (максимизация) функции. Методы поиска минимума, программа Minuit. Начальное приближение. Ложные минимумы. Проблема устойчивости оценок параметров.	Всего аудиторных часов		
		1	1	1
		Онлайн		
		0	0	0
8	Проверка гипотез Проверка гипотез. Выбор между двумя гипотезами. Простая и составная (composite) гипотезы. Статистический критерий выбора гипотезы. Ошибки 1-го и 2-го рода. Уровень значимости и мощность критерия. Лемма Неймана-Пирсона. Отношение функций правдоподобия. Оценка совместимости гипотезы с данными. Р-значение. Критерий согласия Пирсона (χ^2).	Всего аудиторных часов		
		1	1	1
		Онлайн		
		0	0	0
9-15	Методы обработки данных	7	7	7
9	Контрольная работа. Контрольная работа.	Всего аудиторных часов		
		2	2	2
		Онлайн		
		0	0	0
10	Доверительная вероятность и доверительный интервал Доверительная вероятность и доверительный интервал. Способы выбора интервала. Частотный подход Неймана. Доверительный интервал для нормального распределения. Интервал доверия в распределении Пуассона: частотный и Байесовский подходы. Доверительный интервал для значений параметра вблизи физической границы.	Всего аудиторных часов		
		1	1	1
		Онлайн		
		0	0	0
11 - 12	Систематические погрешности. Систематические погрешности. Методы вычисления систематических погрешностей. Систематические погрешности в частотном подходе. Учёт систематических погрешностей в Байесовском подходе	Всего аудиторных часов		
		1	1	1
		Онлайн		
		0	0	0
13 - 14	Многопараметрический анализ. Многопараметрический анализ. Отборы данных, используемые для повышения значимости сигнала. Отборы по простым и комбинированным параметрам. Метод максимального правдоподобия в многопараметрических задачах с независимыми переменными. Критерии отбора в случае коррелированных параметров. Линеаризация, дискриминант Фишера. Дерево принятия решений. Применение нейронных сетей. Организация данных в современных коллайдерных экспериментах. Триггерные условия.	Всего аудиторных часов		
		2	2	2
		Онлайн		
		0	0	0
15	Пакет ROOT. Пакет ROOT. Общие принципы использования пакета	Всего аудиторных часов		
		1	0	1

	ROOT (PAW). Моделирование методом Монте Карло: generation, simulation, reconstruction. Моделирование физических процессов (генераторы). Моделирование отклика детектора, программа GEANT4. Программы «быстрой» и «полной» симуляции детектора.	Онлайн		
		0	0	0
15	Представление результатов Сравнение частотного и байесовского подходов в статистическом анализе данных. Представление результатов: примеры представления известных современных экспериментальных измерений.	Всего аудиторных часов		
		0	1	0
		Онлайн		
		0	0	0

Сокращенные наименования онлайн опций:

Обозначение	Полное наименование
ЭК	Электронный курс
ПМ	Полнотекстовый материал
ПЛ	Полнотекстовые лекции
ВМ	Видео-материалы
АМ	Аудио-материалы
Прз	Презентации
Т	Тесты
ЭСМ	Электронные справочные материалы
ИС	Интерактивный сайт

6. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Проводится постоянный мониторинг знаний студентов по содержанию предыдущих лекций. Это позволяет корректировать процесс изложения материала в течение семестра, контролировать процесс обучения и мотивирует студентов самостоятельно готовиться к занятиям.

По каждой лекции подготовлены презентации, что существенно повышает степень усвоения материала, позволяет использовать богатый иллюстративный материал и включать в лекции информацию о последних достижениях в области статистического анализа данных. Обучение происходит с использованием информационно-коммуникационных технологий, LMS и электронных ресурсов.

7. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Фонд оценочных средств по дисциплине обеспечивает проверку освоения планируемых результатов обучения (компетенций и их индикаторов) посредством мероприятий текущего, рубежного и промежуточного контроля по дисциплине.

Связь между формируемыми компетенциями и формами контроля их освоения представлена в следующей таблице:

Компетенция	Индикаторы освоения	Аттестационное мероприятие (КП 1)
ПК-9.1	З-ПК-9.1	Э, к.р-8, к.р-15
	У-ПК-9.1	Э, к.р-8, к.р-15

	В-ПК-9.1	Э, к.р-8, к.р-15
ПК-9.2	З-ПК-9.2	Э, к.р-8, к.р-15
	У-ПК-9.2	Э, к.р-8, к.р-15
	В-ПК-9.2	Э, к.р-8, к.р-15
ПК-9.3	З-ПК-9.3	Э, к.р-8, к.р-15
	У-ПК-9.3	Э, к.р-8, к.р-15
	В-ПК-9.3	Э, к.р-8, к.р-15
ПК-9.4	З-ПК-9.4	Э, к.р-8, к.р-15
	У-ПК-9.4	Э, к.р-8, к.р-15
	В-ПК-9.4	Э, к.р-8, к.р-15
ПК-9.7	З-ПК-9.7	Э, к.р-8, к.р-15
	У-ПК-9.7	Э, к.р-8, к.р-15
	В-ПК-9.7	Э, к.р-8, к.р-15
ПК-9.8	З-ПК-9.8	Э, к.р-8, к.р-15
	У-ПК-9.8	Э, к.р-8, к.р-15
	В-ПК-9.8	Э, к.р-8, к.р-15

Шкалы оценки образовательных достижений

Шкала каждого контрольного мероприятия лежит в пределах от 0 до установленного максимального балла включительно. Итоговая аттестация по дисциплине оценивается по 100-балльной шкале и представляет собой сумму баллов, заработанных студентом при выполнении заданий в рамках текущего и промежуточного контроля.

Итоговая оценка выставляется в соответствии со следующей шкалой:

Сумма баллов	Оценка по 4-ех балльной шкале	Оценка ECTS	Требования к уровню освоению учебной дисциплины
90-100	5 – <i>«отлично»</i>	A	Оценка «отлично» выставляется студенту, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, использует в ответе материал монографической литературы.
85-89	4 – <i>«хорошо»</i>	B	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос.
75-84		C	
70-74		D	
65-69	3 – <i>«удовлетворительно»</i>	E	Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала.
60-64			
Ниже 60	2 –	F	Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не

	«неудовлетворительно»		знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.
--	-----------------------	--	--

8. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. ЭИ Б 94 Алгоритмы вычислительной статистики в системе R : , Санкт-Петербург: Лань, 2022
2. ЭИ Г 55 Теория вероятностей и математическая статистика : учебник для вузов, Москва: Юрайт, 2022
3. ЭИ Г 69 Теория вероятностей и математическая статистика : учебное пособие, Санкт-Петербург: Лань, 2022
4. ЭИ К 31 Численные методы квантовой статистики : учебное пособие, Москва: Физматлит, 2010

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. 53 J22 Statistical methods in experimental physics : , New Jersey [and oth.]: World scientific, 2012
2. 519 С78 Статистические методы в экспериментальной физике : , Пер. с англ., М.: Атомиздат, 1976
3. 519 С54 Численные методы Монте-Карло : , Соболев И.М., Москва: Наука, 1973
4. 519 Н61 Анализ данных : учебное пособие для вузов, Ш. У. Низаметдинов, В. П. Румянцев, Москва: НИЯУ МИФИ, 2012

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

Специальное программное обеспечение не требуется

LMS И ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ:

<https://online.mephi.ru/>

<http://library.mephi.ru/>

9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Специальное материально-техническое обеспечение не требуется

10. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ СТУДЕНТОВ

1. Необходимо научиться точно определять задачу статистического анализа и делать оптимальный выбор используемого метода.

2. Необходимо уметь построить математическую модель процесса, используемую при статистическом анализе, знать широко используемые методы и приёмы статистического анализа.

3. Понимать методы, используемые при компьютерной обработке данных.

11. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ

1. Необходимо научиться точно определять задачу статистического анализа и делать оптимальный выбор используемого метода.

2. Необходимо уметь построить математическую модель процесса, используемую при статистическом анализе, знать широко используемые методы и приёмы статистического анализа.

3. Понимать методы, используемые при компьютерной обработке данных.

Автор(ы):

Друцкой Алексей Георгиевич, д.ф.-м.н.