

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

ИНСТИТУТ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ И ТЕХНОЛОГИЙ

КАФЕДРА ФИЗИКИ ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ЧАСТИЦ

ОДОБРЕНО УМС ИЯФИТ

Протокол № 01/08/24-573.1

от 30.08.2024 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

МЕТОДЫ СТАТИСТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА

Направление подготовки
(специальность)

[1] 14.04.02 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, экз./зач./КР/КП
2	4	144	16	0	32		60-96	0	Э , 30
Итого	4	144	16	0	32	0	60-96	0	

АННОТАЦИЯ

В рамках курса происходит освоение основных методов статистического анализа, позволяющих выделять информацию из данных, а также оценивать погрешности.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Целями освоения учебной дисциплины являются ознакомление студентов с основами статистического анализа, а также с проблематикой определения погрешностей при обработке и анализе экспериментальных данных.

2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Для изучения дисциплины должны быть прослушаны курсы «Общая физика», «Дифференциальные и интегральные уравнения», «Математический анализ», «Теория вероятностей и математическая статистика», «Введение в ядерную физику». Изучение этой дисциплины откроет возможность к изучению продвинутого курса методов статистического анализа, а также к курсу «Введение в машинное обучение». Также, изучение данного курса необходимо для научной работы в рамках НИРС и, главное, в рамках работы над дипломом.

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			
разработка методов регистрации элементарных частиц, измерения количественных характеристик, проверки закономерностей; описание взаимодействия элементарных частиц с веществом, откликов	Исследовательская работа в области физики элементарных частиц и космологии	ПК-4 [1] - Способен самостоятельно выполнять экспериментальные и теоретические исследования для решения научных и производственных задач <i>Основание:</i>	З-ПК-4[1] - Знать: цели и задачи проводимых исследований; основные методы и средства проведения экспериментальных и теоретических исследований; методы и средства математической

детекторов элементарных частиц; проведение кинетического анализа процесса, статистического анализа данных; создание математических моделей, описывающих процессы в физике частиц, в ранней Вселенной, космосе; разработка теоретических моделей прохождения излучения через вещество, воздействия ионизирующего, лазерного и электромагнитного излучений на человека и объекты окружающей среды, новых методов в лучевой диагностике и терапии; разработка новых подходов в детектировании излучений, теоретического решения фундаментальных проблем физики частиц и космологии.		Профессиональный стандарт: 40.011	обработки результатов экспериментальных данных ; У-ПК-4[1] - Уметь: применять методы проведения экспериментов; использовать математические методы обработки результатов исследований и их обобщения; оформлять результаты научно-исследовательских работ; В-ПК-4[1] - Владеть: навыками самостоятельного выполнения экспериментальных и теоретических исследования для решения научных и производственных задач
проектный			
формирование целей проекта (программы) решения задач, критериев и показателей достижения целей, построение структуры их взаимосвязей, выявление приоритетов решения задач с учетом всех аспектов деятельности; разработка обобщенных вариантов решения проблемы, анализ этих вариантов, прогнозирование последствий, нахождение компромиссных	Исследовательская работа в области физики элементарных частиц и космологии	ПК-5 [1] - Способен проводить расчет и проектирование физических установок и приборов с использованием современных информационных технологий <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011	3-ПК-5[1] - Знать основные физические законы и стандартные прикладные пакеты используемые при моделировании физических процессов и установок ; У-ПК-5[1] - Уметь применять стандартные прикладные пакеты используемые при моделировании физических процессов и установок;

решений в условиях многокритериальности, неопределенности, планирование реализации проекта; использование информационных технологий при разработке новых установок, материалов и изделий; разработка проектов технических условий, стандартов и технических описаний новых установок, материалов и изделий;			В-ПК-5[1] - Владеть стандартными прикладными пакетами используемыми при моделировании физических процессов и установок
производственно-технологический			
разработка способов проведения экспериментов по физике высоких энергий, физики нейтрино, по поиску скрытой массы Вселенной; разработка методов регистрации элементарных частиц, основываясь на различных видах процессов взаимодействия элементарных частиц с веществом, используя различные материалы, электронные системы; продумывание полного технологического процесса создания детекторов элементарных частиц, адаптация его к прикладным задачам (медицинская физика, мониторинг атомных станций и др.).	Исследовательская работа в области физики элементарных частиц и космологии	ПК-9 [1] - Способен эксплуатировать, проводить испытания и ремонт современных физических установок, выполнять технико-экономические расчеты <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011	З-ПК-9[1] - Знать регламент эксплуатации и ремонта современных физических установок ; У-ПК-9[1] - Уметь эксплуатировать, проводить испытания и ремонт современных физических установок; В-ПК-9[1] - Владеть навыками эксплуатации, проведения испытаний и ремонта современных физических установок
разработка способов проведения экспериментов по физике высоких энергий, физики нейтрино, по поиску скрытой массы	Исследовательская работа в области физики элементарных частиц и космологии	ПК-10 [1] - Способен решать инженерно-физические и экономические задачи с помощью пакетов прикладных программ	З-ПК-10[1] - Знать основные пакеты прикладных программ для решения инженерно-физических и экономических задач

Вселенной; разработка методов регистрации элементарных частиц, основываясь на различных видах процессов взаимодействия элементарных частиц с веществом, используя различные материалы, электронные системы; продумывание полного технологического процесса создания детекторов элементарных частиц, адаптация его к прикладным задачам (медицинская физика, мониторинг атомных станций и др.).		<i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011	; У-ПК-10[1] - Уметь осуществлять подбор прикладных программ для решения конкретных инженерно-физических и экономических задач; В-ПК-10[1] - Владеть навыками работы с прикладными программами для решения инженерно-физических и экономических задач
экспертный			
анализ технических и расчетно-теоретических разработок, учет их соответствия требованиям законов в области промышленности, экологии и безопасности и другим нормативным актам; оценка соответствия предлагаемого решения достигнутому мировому уровню;	Исследовательская работа в области физики элементарных частиц и космологии	ПК-12 [1] - Способен объективно оценить предлагаемое решение или проект по отношению к современному мировому уровню, подготовить экспертное заключение <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011	З-ПК-12[1] - Знать основные критерии оценки предлагаемого решения или проекта по отношению к современному мировому уровню ; У-ПК-12[1] - Уметь оценивать предлагаемые решения на соответствие современному мировому уровню, подготовить экспертное заключение; В-ПК-12[1] - Владеть навыками подготовки экспертных заключений по предлагаемым проектам
инновационный			
оценка инновационного потенциала новой продукции для высокотехнологичных	Исследовательская работа в области физики элементарных	ПК-13 [1] - Способен проектировать, создавать и внедрять новые продукты и	З-ПК-13[1] - Знать математические методы и компьютерные

отраслей экономики; участие в создании перспективных наукоемких технологий.	частиц и космологии	системы и применять теоретические знания в реальной инженерной практике <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011	технологии, необходимые для проектирования и разработки программного обеспечения для инженерного анализа инновационных продуктов. ; У-ПК-13[1] - Уметь разрабатывать и тестировать программное обеспечение для инженерного анализа инновационных продуктов.; В-ПК-13[1] - владеть навыками разработки и тестирования программного обеспечения для инженерного анализа инновационных продуктов.
--	------------------------	---	--

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

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

№ п.п	Наименование раздела учебной дисциплины	Недели	Лекции/ Практи. (семинары)/ Лабораторные работы, час.	Обязат. текущий контроль (форма*, неделя)	Максимальный балл за раздел**	Аттестация раздела (форма*, неделя)	Индикаторы освоения компетенции
	<i>2 Семестр</i>						
1	Часть 1	1-8	8/0/16		25	СК-8	3-ПК-4, У-ПК-4, В-ПК-4, 3-ПК-5, У-ПК-5, В-ПК-5, 3-ПК-9, У-ПК-9, В-ПК-9, 3-ПК-10, У-ПК-10, В-ПК-10, 3-ПК-12, У-ПК-12,

							В-ПК-12, 3-ПК-13, У-ПК-13, В-ПК-13
2	Часть 2	9-15	8/0/16		25	КИ-15	3-ПК-4, У-ПК-4, В-ПК-4, 3-ПК-5, У-ПК-5, В-ПК-5, 3-ПК-9, У-ПК-9, В-ПК-9, 3-ПК-10, У-ПК-10, В-ПК-10, 3-ПК-12, У-ПК-12, В-ПК-12, 3-ПК-13, У-ПК-13, В-ПК-13
	<i>Итого за 2 Семестр</i>		16/0/32		50		
	Контрольные мероприятия за 2 Семестр				50	30, Э	3-ПК-4, У-ПК-4, В-ПК-4, 3-ПК-5, У-ПК-5, В-ПК-5, 3-ПК-9, У-ПК-9, В-ПК-9, 3-ПК-10, У-ПК-10, В-ПК-10, 3-ПК-12, У-ПК-12, В-ПК-12, 3-ПК-13, У-ПК-13, В-ПК-13, 3-ПК-4, У-ПК-4, В-ПК-4, 3-ПК-5, У-ПК-5, В-ПК-5, 3-ПК-9, У-ПК-9, В-ПК-9, 3-ПК-10, У-ПК-10,

							В-ПК-10, З-ПК-12, У-ПК-12, В-ПК-12, З-ПК-13, У-ПК-13, В-ПК-13
--	--	--	--	--	--	--	---

* – 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
ЗО	Зачет с оценкой
СК	Семестровый контроль
КИ	Контроль по итогам
З	Зачет

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Недели	Темы занятий / Содержание	Лек., час.	Пр./сем., час.	Лаб., час.
	<i>2 Семестр</i>	16	0	32
1-8	Часть 1	8	0	16
1 - 8	Введение в статистический анализ данных Введение. Цели и задачи курса лекций. Основные законы теории вероятностей. Сложение и умножение вероятностей. Условная вероятность. Теорема Байеса. Независимость событий. Диаграммы Венна. Элементы комбинаторики. Конфигурации. Примеры. Функция распределения. Дискретные и непрерывные распределения случайной величины. Функция плотности. Функция вероятности. Математическое ожидание, дисперсия. Моменты. Биномиальное распределение. Распределение Пуассона. Равномерное распределение. Показательное распределение. Нормальное распределение. Гамма-распределение. Специальные распределения. Распределение хи-квадрат. Распределение Стьюдента. Распределение Фишера. Центральная предельная теорема. Ошибки физических величин и измерений. Типы ошибок: Статистические ошибки; Систематические (приборные, методические) ошибки; Случайная выборка. Стандартное отклонение среднего. Погрешности в косвенных измерениях. Сумма и разность двух измерений. Формула для расчета ошибки в общем случае косвенных измерений. Вычисления ошибки произведения и частного.	Всего аудиторных часов		
		8	0	16
		Онлайн		
		0	0	0

9-15	Часть 2	8	0	16
9 - 15	Методы статистического анализа эксперимента Проблема отбрасывания данных. Критерий Шовене. Свойства нормального распределения. Робастность. Стандартное отклонение как 68%-ый доверительный предел. Обоснование среднего, как наилучшей оценки. Зависимость случайных величин. Ковариация и корреляция. Линейная регрессия. МНК. Гипотезы и критерии. Сложные и простые критерии. Мощность критерия. Лемма Неймана-Пирсона. Статистика. z-тест. Критерии согласия для распределений. Распределение и критерий χ^2 . Степени свободы и приведенное значение χ^2 . Примеры использования критерия χ^2 . Критерий Колмогорова-Смирнова. Точечные оценки параметров распределения. Метод максимального правдоподобия. Методы моментов и квантилей. Функция правдоподобия. Наиболее правдоподобная оценка искомой величины. Комбинация измерений. Примеры. Интервальные оценки. Основные сведения и определения. Примеры. Метод Монте-Карло. Метод обратного преобразования, метод принятия и отбрасывания.	Всего аудиторных часов		
		8	0	16
		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

ТЕМЫ СЕМИНАРОВ

Недели	Темы занятий / Содержание
	<i>2 Семестр</i>
1 - 8	Введение в статистический анализ данных Введение. Цели и задачи курса лекций. Основные законы теории вероятностей. Сложение и умножение вероятностей. Условная вероятность. Теорема Байеса. Независимость событий. Диаграммы Венна. Элементы комбинаторики. Конфигурации. Примеры. Функция распределения. Дискретные и непрерывные распределения случайной величины. Функция плотности. Функция вероятности. Математическое ожидание, дисперсия. Моменты. Биномиальное распределение. Распределение Пуассона. Равномерное распределение. Показательное распределение. Нормальное

	распределение. Гамма-распределение. Специальные распределения. Распределение хи-квадрат. Распределение Стьюдента. Распределение Фишера. Центральная предельная теорема. Ошибки физических величин и измерений. Типы ошибок: Статистические ошибки; Систематические (приборные, методические) ошибки; Случайная выборка. Стандартное отклонение среднего. Погрешности в косвенных измерениях. Сумма и разность двух измерений. Формула для расчета ошибки в общем случае косвенных измерений. Вычисления ошибки произведения и частного.
9 - 16	Методы статистического анализа эксперимента Проблема отбрасывания данных. Критерий Шовене. Свойства нормального распределения. Робастность. Стандартное отклонение как 68%-ый доверительный предел. Обоснование среднего, как наилучшей оценки. Зависимость случайных величин. Ковариация и корреляция. Линейная регрессия. МНК. Гипотезы и критерии. Сложные и простые критерии. Мощность критерия. Лемма Неймана-Пирсона. Статистика. z-тест. Критерии согласия для распределений. Распределение и критерий χ^2. Степени свободы и приведенное значение χ^2. Примеры использования критерия χ^2. Критерий Колмогорова-Смирнова. Точечные оценки параметров распределения. Метод максимального правдоподобия. Методы моментов и квантилей. Функция правдоподобия. Наиболее правдоподобная оценка искомой величины. Комбинация измерений. Примеры. Интервальные оценки. Основные сведения и определения. Примеры. Метод Монте-Карло. Метод обратного преобразования, метод принятия и отбрасывания.

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Занятия проводятся в интерактивной форме. Даже во время лекционных занятий преподаватель постоянно обращается к аудитории с вопросами, как на знание пройденного материала, так и озадачивающими студентов поднимаемой проблемой в рамках обсуждаемой темы. Семинары проводятся в совместной дискуссии, направленной на поиск правильного решения задач.

6. 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-10	З-ПК-10	ЗО, Э, СК-8, КИ-15
	У-ПК-10	ЗО, Э, СК-8, КИ-15
	В-ПК-10	ЗО, Э, СК-8, КИ-15

ПК-12	З-ПК-12	ЗО, Э, СК-8, КИ-15
	У-ПК-12	ЗО, Э, СК-8, КИ-15
	В-ПК-12	ЗО, Э, СК-8, КИ-15
ПК-13	З-ПК-13	ЗО, Э, СК-8, КИ-15
	У-ПК-13	ЗО, Э, СК-8, КИ-15
	В-ПК-13	ЗО, Э, СК-8, КИ-15
ПК-4	З-ПК-4	ЗО, Э, СК-8, КИ-15
	У-ПК-4	ЗО, Э, СК-8, КИ-15
	В-ПК-4	ЗО, Э, СК-8, КИ-15
ПК-5	З-ПК-5	ЗО, Э, СК-8, КИ-15
	У-ПК-5	ЗО, Э, СК-8, КИ-15
	В-ПК-5	ЗО, Э, СК-8, КИ-15
ПК-9	З-ПК-9	ЗО, Э, СК-8, КИ-15
	У-ПК-9	ЗО, Э, СК-8, КИ-15
	В-ПК-9	ЗО, Э, СК-8, КИ-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 твёрдо 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 – <i>«неудовлетворительно»</i>	F	Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не 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.
--	--	--	--

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. ЭИ L80 Statistical Methods for Data Analysis in Particle Physics : , Lista, Luca. , Cham: Springer International Publishing, 2016
2. ЭИ Н61 Анализ данных : учебное пособие для вузов, Румянцев В.П., Низаметдинов Ш.У., Москва: НИЯУ МИФИ, 2012
3. ЭИ Л 14 Наглядная математическая статистика : учебное пособие, Лагутин М. Б., Москва: Лаборатория знаний, 2023
4. 519 Г55 Руководство к решению задач по теории вероятностей и математической статистике : учебное пособие для вузов, Гмурман В.Е., Москва: Высшее образование, 2007
5. ЭИ К 38 Теория вероятностей и математическая статистика. Базовый курс с примерами и задачами : , Наумов А. В., Горяинова Е. Р., Кибзун А. И., Москва: Физматлит, 2007

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. ЭИ В55 A Course in Mathematical Statistics and Large Sample Theory : , Lin, Lizhen. , Bhattacharya, Rabi. , Patrangnanu, Victor. , New York, NY: Springer New York, 2016
2. 53 J22 Statistical methods in experimental physics : , James F., New Jersey [and oth.]: World scientific, 2012
3. 519 К38 Теория вероятностей и математическая статистика : базовый курс с примерами и задачами: учебное пособие для втузов, Горяинова Е.Р., Кибзун А.И., Наумов А.В., : Физматлит, 2013
4. 519 Г55 Теория вероятностей и математическая статистика : учебное пособие для вузов, Гмурман В.Е., Москва: Высшее образование, 2008

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

Специальное программное обеспечение не требуется

LMS И ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ:

1. Particle Data Group, Prog. Theor. Exp. Phys. 2020, 083C01 (2020)
(https://pdg.lbl.gov/2021/reviews/mathematical_tools.html)

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

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

8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

1. Лекционная аудитория ()

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ СТУДЕНТОВ

Лекции читаются в аудиториях с использованием доски. Важно присутствовать на каждой лекции и вести конспект. Рекомендуется записывать важные моменты, отмечаемые лектором словами, даже если таковые показались очевидными. На протяжении каждой лекции преподаватель может задавать вопросы. Активность студента в виде ответов на вопросы, а также в виде интересных вопросов преподавателю может учитываться при предоставлении права досрочной сдачи экзамена, а также при выставлении оценки за экзамен.

В качестве основного материала для подготовки к экзамену рекомендуется использовать конспект лекции. Дополнительно можно использовать как библиотечные ресурсы НИЯУ МИФИ и кафедры (списки доступной литературы приведены соответственно в календарном плане и в дополнительных учебно-методических материалах по данному курсу), так и любые другие.

10. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ

Для лучшего усвоения материала студентами каждую лекцию следует начинать с напоминания предыдущей лекции (можно в виде вопросов) и пояснения ее связи с предстоящей.

На протяжении лекции полезно поддерживать интерактивность между лектором и студентами в виде вопросов в аудиторию. Также важно постоянно задавать вопросы, озадачивающие студентов поднимаемой проблемой в рамках обсуждаемой темы.

Автор(ы):

Солдатов Евгений Юрьевич