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

ТАШКЕНТСКИЙ ФИЛИАЛ НИЯУ МИФИ (ТФ НИЯУ МИФИ)

ОДОБРЕНО

УМС ТФ НИЯУ МИФИ

Протокол № 1 от 04.02.2026 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ДАННЫХ В ФИЗИКЕ ЧАСТИЦ

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, час.**	**СРС, час.**	**КСР, час.**	**Форма(ы) контроля, экз./зач./КР/КП**
1	4	144	0	32	32		44	0	Э
Итого	4	144	0	32	32	64	44	0	

АННОТАЦИЯ

Рассмотрены основные понятия теории вероятности и методы математической статистики, используемые в процессе анализа экспериментальных данных. Рассмотрены основные классы RooFit, используемые для хранения данных, построения моделей и оценок параметров с использованием этих моделей, а также калькуляторы RooStats, применяемые для проведения статистических тестов. Данные инструменты позволяют определить статистическую значимость сигнальной гипотезы, получить верхние пределы на величину сигнала, оценить качество фита отношения функций правдоподобия и подготовить графики и таблицы с окончательными результатами.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения учебной дисциплины является приобретение студентами знаний по теории вероятности и математической статистике, необходимых для анализа экспериментальных данных, а так же получение навыков применения программных средств, реализованных в пакетах RooStats и RooFit, позволяющих проводить оценку параметров и проверку гипотез, в том числе, определять статистическую значимость сигнальной гипотезы и получать верхние пределы на величину сигнала.

2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Учебная дисциплина входит в программу подготовки бакалавров и специалистов по направлению 14.03.02 «Ядерная физика и технологии».

Для изучения дисциплины студент должен обладать знаниями, полученными при изучении курсов «Математического анализа», в том числе, раздела «Дифференциальные уравнения», а также владеть языком программирования C++.

Знания, полученные студентами в рамках дисциплины, необходимы для решения задач, связанных со статистическим анализом данных, часто возникающих при изучении многих дисциплин естественнонаучного и профессионального цикла вариативной части, а также будут необходимы для выполнения научно-исследовательской работы.

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**	**Код и наименование индикатора достижения профессиональной**

		(профессиональный стандарт-ПС, анализ опыта)	**компетенции**
производственно-технологический			
решение инженерно-физических и экономических задач с помощью пакетов прикладных программ;	атомное ядро, элементарные частицы и плазма, 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-38.10 [1] - Способен применять современное программное обеспечение при выполнении расчётных, проектно-конструкторских работ и обработке результатов в области профессиональной деятельности, базовые языки программирования при разработке прикладного программного обеспечения *Основание:* Профессиональный стандарт: 40.011	З-ПК-38.10[1] - Знать современное программное обеспечение для выполнения расчётных, проектно-конструкторских работ и обработки результатов в области профессиональной деятельности, базовые языки программирования для разработки прикладного программного обеспечения; У-ПК-38.10[1] - Уметь применять современное программное обеспечение при выполнении расчётных, проектно-конструкторских работ и обработке результатов в области профессиональной деятельности, базовые языки программирования при разработке прикладного программного обеспечения; В-ПК-38.10[1] - Владеть современным программным обеспечением для выполнения расчётных, проектно-конструкторских работ и обработки результатов в области

			профессиональной деятельности, базовыми языками программирования для разработки прикладного программного обеспечения
решение инженерно-физических и экономических задач с помощью пакетов прикладных программ;	атомное ядро, элементарные частицы и плазма, 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-10 [1] - Способен решать инженерно-физические и экономические задачи с помощью пакетов прикладных программ *Основание:* Профессиональный стандарт: 40.011	З-ПК-10[1] - Знать основные пакеты прикладных программ для решения инженерно-физических и экономических задач ; 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
научно-исследовательский			
физический анализ процессов взаимодействия элементарных частиц, их эффектов в ранней и современной Вселенной;	атомное ядро, элементарные частицы и плазма, 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	ПК-38.3 [1] - Способен к физическому анализу процессов взаимодействия элементарных частиц, их эффектов в ранней и современной Вселенной; *Основание:* Профессиональный стандарт: 40.011	З-ПК-38.3[1] - Знать методы физического анализа процессов взаимодействия элементарных частиц, их эффектов в ранней и современной Вселенной;; У-ПК-38.3[1] - Уметь выполнять физический анализ процессов взаимодействия элементарных частиц, их эффектов в ранней и современной Вселенной;;

	установок, системы автоматизированного управления ядерно-физическими установками;		В-ПК-38.3[1] - Владеть методами физического анализа процессов взаимодействия элементарных частиц, их эффектов в ранней и современной Вселенной;
применение программного обеспечения и его разработка для численных предсказаний (моделирования), обработки и анализа экспериментальных данных в области физики элементарных частиц, экспериментальной ядерной физики и космофизики;	математические модели для теоретического и экспериментального исследований явлений и закономерностей в области физики; ядра, частиц, плазмы, конденсированного состояния вещества, ядерных реакторов, распространения и взаимодействия излучения с объектами живой и неживой природы,	ПК-38.4 [1] - Способен к работе с программным обеспечением и его разработке для численных предсказаний (моделирования), обработки и анализа экспериментальных данных в области физики элементарных частиц, экспериментальной ядерной физики и космофизики; *Основание:* Профессиональный стандарт: 40.011	З-ПК-38.4[1] - Знать методы работы с программным обеспечением и его разработки для численных предсказаний (моделирования), обработки и анализа экспериментальных данных в области физики элементарных частиц, экспериментальной ядерной физики и космофизики;; У-ПК-38.4[1] - Уметь применять программное обеспечение и выполнять его разработку для численных предсказаний (моделирования), обработки и анализа экспериментальных данных в области физики элементарных частиц, экспериментальной ядерной физики и космофизики;; В-ПК-38.4[1] - Владеть методами работы с программным обеспечением и его разработки для численных

			предсказаний (моделирования), обработки и анализа экспериментальных данных в области физики элементарных частиц, экспериментальной ядерной физики и космофизики;

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

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

№ п.п	Наименование раздела учебной дисциплины	Недели	Лекции/ Практ. (семинары)/ Лабораторные работы, час.	Обязат. текущий контроль (форма*, неделя)	Максимальный балл за раздел**	Аттестация раздела (форма*, неделя)	Индикаторы освоения компетенции
	1 Семестр						
1	Теоря вероятностей и математическая статитика	1-8	0/16/16		25	Т-8	З-ПК-38.10, У-ПК-38.10, В-ПК-38.10, З-ПК-38.3, У-ПК-38.3, В-ПК-38.3, З-ПК-38.4, У-ПК-38.4, В-ПК-38.4, З-ПК-10, У-ПК-10, В-ПК-10
2	Применение пакетов RooFit и RooStats для анализа данных	9-16	0/16/16		25	Т-16	З-ПК-38.10, У-ПК-38.10, В-ПК-38.10, З-ПК-38.3, У-ПК-38.3, В-ПК-38.3, З-ПК-38.4, У-ПК-38.4, В-ПК-38.4, З-ПК-10, У-ПК-10, В-ПК-10
	Итого за 1 Семестр		0/32/32		50		
	Контрольные мероприятия за 1 Семестр				50	Э	З-ПК-38.10, У-ПК-38.10, В-ПК-38.10,

							З-ПК-38.3, У-ПК-38.3, В-ПК-38.3, З-ПК-38.4, У-ПК-38.4, В-ПК-38.4, З-ПК-10, У-ПК-10, В-ПК-10

* – 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**
Т	Тестирование
Э	Экзамен

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Недели	**Темы занятий / Содержание**	**Лек., час.**	**Пр./сем., час.**	**Лаб., час.**
	1 Семестр	0	32	32
1-8	**Теоря вероятностей и математическая статитика**	0	16	16
1	**1. Основные понятия теории вероятности.** Определение вероятности Колмогорова. Определение вероятности как предела частоты. Закон сложения вероятностей для множеств элементарных событий. Условная вероятность. Независимость случайных событий. Теорема Бейеса для дискретных событий. Дискретные и непрерывные случайные переменные. Функция распределения вероятности. Функция плотности распределения вероятности.	Всего аудиторных часов		
		0	2	2
		Онлайн		
		0	0	0
2	**2. Распределение вероятности.** Функция совместной плотности вероятности. Замена переменных. Маргинальные и условные распределения. Теорема Бейеса для непрерывных переменных. Свойства распределений. Математическое ожидание, среднее и дисперсия. Смешанный второй момент и коэффициент корреляции. Линейные функции случайных переменных. Отношение случайных переменных. Приближенная формула для дисперсии (формула переноса погрешностей)	Всего аудиторных часов		
		0	2	2
		Онлайн		
		0	0	0
3	**3. Моменты. (центральные, алгебраические, эксцесс, асимметрия)** Характеристическая функция. Производящая функция вероятности. Теорема Чебышева. Неравенство Бьенеме-Чебышева. Сходимость по распределению. Сходимость по вероятности. Закон больших чисел. Интегрирование методом Монте-Карло. Центральная предельная теорема.	Всего аудиторных часов		
		0	2	2
		Онлайн		
		0	0	0

4	**4. Распределения, встречающиеся на практике.** Дискретные распределения. Биномиальное распределение. Распределение Пуассона. Статистические потоки, встречающиеся в практике. Поток событий конечной длительности. Поток Эрланга. Составное распределение Пуассона. Непрерывные распределения. Нормальное одномерное и двумерные распределения. □2-распределение. t-распределение Стьюдента. F-распределение Фишера. Гамма –распределение. Распределение Коши. Распределение Брейта-Вигнера. Соотношения между распределениями в асимптотическом пределе.	Всего аудиторных часов		
		0	2	2
		Онлайн		
		0	0	0
5	**5. Точечные оценки параметров.** Точечные оценки параметров. Свойства оценок: состоятельность, несмещенность, эффективность. Интервальные оценки математического ожидания и дисперсии. Доверительный интервал для математического ожидания при известной дисперсии, для математического ожидания при неизвестной дисперсии. Получение оценок методом моментов Получение оценок методом максимального правдоподобия	Всего аудиторных часов		
		0	2	2
		Онлайн		
		0	0	0
6	**6. Теория оценок.** Совместная оценка нескольких параметров. Получение оценок методом наименьших квадратов для случая прямых равноточных измерений и случая прямых неравноточных измерений. Получение оценок методом наименьших квадратов для случая косвенных измерений	Всего аудиторных часов		
		0	2	2
		Онлайн		
		0	0	0
7	**7. Проверка гипотез.** Проверка статистических гипотез и критерии согласия основные понятия (критическая и допустимая области, проверочная статистика, уровень значимости, мощность критерия, ошибки первого и второго рода . Сравнение критериев. Мощность критерия. Состоятельность критерия. Смещение. Устойчивость критерия. Выбор критерия. Критерии для простых гипотез. Критерий Неймана-Пирсона.	Всего аудиторных часов		
		0	2	2
		Онлайн		
		0	0	0
8	**8. Критерии согласия** Критерий отношения правдоподобия для проверки сложных гипотез. Двухсторонний критерий для нормально распределенных результатов измерений с известной дисперсией. Двусторонний критерий для нормально распределенных результатов измерений с неизвестной дисперсией. Сравнение средних нормально распределенных результатов наблюдений. Сравнение неизвестных нормально распределенных средних, имеющих одинаковую, но неизвестную дисперсию. Односторонний и двусторонний критерии для дисперсии при известной выборочной дисперсии. Критерий отношения дисперсий. Гипотезы о законе распределения. Критерий согласия хи-квадрат. Критерий согласия Колмогорова	Всего аудиторных часов		
		0	2	2
		Онлайн		
		0	0	0
9-16	**Применение пакетов RooFit и RooStats для анализа**	0	16	16

	данных			
9	**9. Введение в ROOT.** Установка ROOT. Основные команды ROOTa, классы ROOTa, именованные и неименованные скрипты. Графические средства отображения результатов анализа данных.	Всего аудиторных часов		
		0	2	2
		Онлайн		
		0	0	0
10	**10. Построение статистческих моделей** Построение статистических моделей с помощью RooFit. Определение и фитирование функции плотности вероятности в RooFit. Встроенные функции плотности вероятности. Использование свёрток для определения функций плотности вероятности. Вычисление интегралов и кумулятивных распределений в RooFit. Моделирование данных с использование статистических моделей.	Всего аудиторных часов		
		0	2	2
		Онлайн		
		0	0	0
11	**11. Хранение данных в деревьях** Данные и методы класса TTree. Чтение ASCII данных из файла в ROOT. Создание деревьев, их запись на диск и чтение с него. Анализ дерева с помощью TreeViewer.	Всего аудиторных часов		
		0	2	2
		Онлайн		
		0	0	0
12	**12. Операции с функциями плотности вероятности.** Сложение нескольких ф.п.в. Операции с отдельными компонентами сложной модели.	Всего аудиторных часов		
		0	2	2
		Онлайн		
		0	0	0
13	**13. Многомерные модели** Произведением не скоррелированных функций плотности вероятности. Сечения и проекции многомерных ф.п.в. Введение корреляций как зависимость параметров функции одной переменной от другой переменной.	Всего аудиторных часов		
		0	2	2
		Онлайн		
		0	0	0
14	**14. Операции с наборами данных** Построение, заполнение наборов данных и извлечение данных из них. Одновременное фитирование нескольких наборов данных	Всего аудиторных часов		
		0	2	2
		Онлайн		
		0	0	0
15	**15.Фитирование и минимизация отношения правдоподобий.** Профильная функция правдоподобия. Способы преодоление проблем сходимости и стабильности фита.	Всего аудиторных часов		
		0	2	2
		Онлайн		
		0	0	0
16	**16. Проверка гипотез с помощью Roostats.** Вычисление p-значений и верхних пределов для сигнала. Вычисление значимости для открытия. Калькуляторы для вычисления верхних пределов для сигнала и значимости для открыти в RooStats	Всего аудиторных часов		
		0	2	2
		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 ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

Недели	**Темы занятий / Содержание**
	1 Семестр
1	**1. Основные команды ROOTa, классы ROOT.** Установка ROOT. Основные команды ROOTa, классы ROOTa, именованные и неименованные скрипты. Средства визуализации результатов анализа данных.
2	**2. Построение статистических моделей с помощью RooFit.** Построение статистических моделей с помощью RooFit. Определение и фитирование функции плотности вероятности в RooFit.
3	**3. Встроенные функции плотности вероятности в RooFit.** Встроенные функции плотности вероятности в RooFit.
4	**4. Использование свёрток для определения функций плотности вероятности в RooFit.** Использование свёрток для определения функций плотности вероятности в RooFit.
5	**5. Вычисление интегралов и кумулятивных распределений в RooFit.** Вычисление интегралов и кумулятивных распределений в RooFit.
6	**6. Моделирование данных с использование статистических моделей в RooFit.** Моделирование данных с использование статистических моделей в RooFit.
7	**7. Хранение данных данных в деревьях.** Данные и методы класса TTree. Чтение ASCII данных из файла в ROOT.
8	**8. Хранение данных данных в деревьях** Создание деревьев, их запись на диск и чтение с него. Анализ дерева с помощью TreeViewer.
9	**9. Операции с функциями плотности вероятности.** Сложение нескольких ф.п.в. Операции с отдельными компонентами сложной модели.
10	**10. Многомерные модели.** Произведением не скоррелированных функций плотности вероятности. Сечения и проекции многомерных ф.п.в.
11	**11. Многомерные модели.** Введение корреляций как зависимость параметров функции одной переменной от другой переменной.
12	**12. Операции с наборами данных.** Построение, заполнение наборов данных и извлечение данных из них.
13	**13. Операции с наборами данных.** Одновременное фитирование нескольких наборов данных
14	**14.Фитирование и минимизация отношения правдоподобий** Фитирование и минимизация отношения правдоподобий. Профильная функция правдоподобия.
15	**15. Проверка гипотез с помощью Roostats.** Вычисление p-значений и верхних пределов для сигнала с использование калькуляторов Roostats.
16	**16. Проверка гипотез с помощью Rooststs** Вычисление значимости для открытия с использование калькуляторов Roostats

ТЕМЫ СЕМИНАРОВ

Недели	**Темы занятий / Содержание**

	1 Семестр
1	**1. Основные понятия теории вероятности.** Определение вероятности Колмогорова. Определение вероятности как предела частоты. Закон сложения вероятностей для множеств элементарных событий. Условная вероятность. Независимость случайных событий. Теорема Бейеса для дискретных событий. Дис¬кретные и непрерывные случайные переменные. Функция распределения вероятности. Функция плотно¬сти распределения вероятности.
2	**2. Распределение вероятности.** Функция совместной плотности вероятности. Замена переменных. Маргинальные и условные распределения. Теорема Бейеса для непрерывных переменных. Свойства распределений. Математическое ожидание, среднее и дисперсия. Смешанный второй момент и коэффициент корреляции. Линейные функции случайных переменных. Отношение случайных переменных. Приближенная формула для дисперсии (формула переноса погрешностей)
3	**3. Моменты. (центральные, алгебраические, эксцесс, асимметрия)** Характеристическая функция. Производящая функция вероятности. Теорема Чебышева. Неравенство Бьенеме-Чебышева. Сходимость по распределению. Сходимость по вероятности. Закон больших чисел. Интегрирование методом Монте-Карло. Центральная предельная теорема.
4	**4. Распределения, встречающиеся на практике.** Дискретные распределения. Биномиальное распределение. Распределение Пуассона. Статистические потоки, встречающиеся в практике. Поток событий конечной длительности. Поток Эрланга. Составное распределение Пуассона. Непрерывные распределения. Нормальное одномерное и двумерные распределения. □2-распределение. t-распределение Стьюдента. F- распределение Фишера. Гамма – распределение. Распределение Коши. Распределение Брейта-Вигнера. Соотношения между распределениями в асимптотическом пределе.
5	**5. Точечные оценки параметров.** Точечные оценки параметров. Свойства оценок: состоятельность, несмещенность, эффективность. Интервальные оценки математического ожидания и дисперсии. Доверительный интервал для математического ожидания при известной дисперсии, для математического ожидания при неизвестной дисперсии. Получение оценок методом моментов Получение оценок методом максимального правдоподобия
6	**6. Теория оценок.** Совместная оценка нескольких параметров. Получение оценок методом наименьших квадратов для случая прямых равноточных измерений и случая прямых неравноточных измерений. Получение оценок методом наименьших квадратов для случая косвенных измерений
7	**7. Проверка гипотез.** Проверка статистических гипотез и критерии согласия основные понятия (критическая и допустимая области, проверочная статистика, уровень значимости, мощность критерия, ошибки первого и второго рода . Сравнение критериев. Мощность критерия. Состоятельность критерия. Смещение. Устойчивость критерия. Выбор критерия. Критерии для простых гипотез. Критерий Неймана-Пирсона.
8	**8. Критерии согласия** Критерий отношения правдоподобия для проверки сложных гипотез. Двухсторонний критерий для нормально распределенных результатов измерений с известной дисперсией. Двусторонний критерий для нормально распределенных результатов измерений с неизвестной дисперсией. Сравнение средних нормально распределенных результатов наблюдений. Сравнение неизвестных нормально распределенных средних, имеющих одинаковую, но неизвестную дисперсию. Односторонний и двусторонний критерии для дисперсии при известной выборочной дисперсии.

	Критерий отношения дисперсий. Гипотезы о законе распределения. Критерий согласия хи-квадрат. Критерий согласия Колмогорова
9	**9. Введение в ROOT.** Установка ROOT. Основные команды ROOTa, классы ROOTa, именованные и неименованные скрипты. Графические средства отображения результатов анализа данных.
10	**10. Построение статистческих моделей** Построение статистических моделей с помощью RooFit. Определение и фитирование функции плотности вероятности в RooFit. Встроенные функции плотности вероятности. Использование свёрток для определения функций плотности вероятности. Вычисление интегралов и кумулятивных распределений в RooFit. Моделирование данных с использование статистических моделей.
11	**11. Хранение данных в деревьях** Данные и методы класса TTree. Чтение ASCII данных из файла в ROOT. Создание деревьев, их запись на диск и чтение с него. Анализ дерева с помощью TreeViewer.
12	**12. Операции с функциями плотности вероятности.** Сложение нескольких ф.п.в. Операции с отдельными компонентами сложной модели.
13	**13. Многомерные модели** Произведением не скоррелированных функций плотности вероятности. Сечения и проекции многомерных ф.п.в. Введение корреляций как зависимость параметров функции одной переменной от другой переменной.
14	**14. Операции с наборами данных** Построение, заполнение наборов данных и извлечение данных из них. Одновременное фитирование нескольких наборов данных
15	**15.Фитирование и минимизация отношения правдоподобий.** Профильная функция правдоподобия. Способы преодоление проблем сходимости и стабильности фита.
16	**16. Проверка гипотез с помощью Roostats.** Вычисление p-значений и верхних пределов для сигнала. Вычисление значимости для открытия. Калькуляторы для вычисления верхних пределов для сигнала и значимости для открыти в RooStats

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

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

По каждому семинару подготовлены презентации, что существенно повышает степень усвоения материала, позволяет использовать богатый иллюстративный материал из интернета и включать в семинары информацию о последних достижениях в области статистического анализа данных и их визуализации . Для проведения тестирования используется система vector (vector.mephi.ru)

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	Э, Т-8, Т-16
	У-ПК-10	Э, Т-8, Т-16
	В-ПК-10	Э, Т-8, Т-16
ПК-38.10	З-ПК-38.10	Э, Т-8, Т-16
	У-ПК-38.10	Э, Т-8, Т-16
	В-ПК-38.10	Э, Т-8, Т-16
ПК-38.3	З-ПК-38.3	Э, Т-8, Т-16
	У-ПК-38.3	Э, Т-8, Т-16
	В-ПК-38.3	Э, Т-8, Т-16
ПК-38.4	З-ПК-38.4	Э, Т-8, Т-16
	У-ПК-38.4	Э, Т-8, Т-16
	В-ПК-38.4	Э, Т-8, Т-16

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:

<table>
<tr><th>Сумма баллов</th><th>Оценка по 4-х балльной шкале</th><th>Отметка о зачете</th><th>Оценка ECTS</th></tr>
<tr><td>90-100</td><td>5 – «отлично»</td><td rowspan="8">«зачтено»</td><td>A</td></tr>
<tr><td>85-89</td><td rowspan="3">4 – «хорошо»</td><td>B</td></tr>
<tr><td>75-84</td><td>C</td></tr>
<tr><td>70-74</td><td rowspan="2">D</td></tr>
<tr><td>65-69</td><td rowspan="2">3 – «удовлетворительно»</td></tr>
<tr><td>60-64</td><td>E</td></tr>
<tr><td>ниже 60</td><td>2 – «неудовлетворительно»</td><td>«не зачтено»</td><td>F</td></tr>
</table>

Оценка «отлично» соответствует глубокому и прочному освоению материала программы обучающимся, который последовательно, четко и логически стройно излагает свои ответы, умеет тесно увязывать теорию с практикой, использует в ответах материалы монографической литературы.

Оценка «хорошо» соответствует твердым знаниям материала обучающимся, который грамотно и, по существу, излагает свои ответы, не допуская существенных неточностей.

Оценка «удовлетворительно» соответствует базовому уровню освоения материала обучающимся, при котором освоен основной материал, но не усвоены его детали, в ответах присутствуют неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности.

Отметка «зачтено» соответствует, как минимум, базовому уровню освоения материала программы, при котором обучающийся владеет необходимыми знаниями, умениями и навыками, умеет применять теоретические положения для решения типовых практических задач.

Оценку «неудовлетворительно» / отметку «не зачтено» получает обучающийся, который не знает значительной части материала программы, допускает в ответах существенные ошибки, не выполнил все обязательные задания, предусмотренные программой. Как правило, такие обучающиеся не могут продолжить обучение без дополнительных занятий.

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. ЭИ Р 35 Математическое моделирование : учебное пособие для вузов, Рейзлин В. И., Москва: Юрайт, 2022

2. ЭИ С 59 Статистика. Сборник задач : учебное пособие, Беленкова Ж. Т. [и др.], Санкт-Петербург: Лань, 2022

3. ЭИ Б 71 Теория вероятностей и математическая статистика. Курс лекций : учебное пособие, Блягоз З. У., Санкт-Петербург: Лань, 2022

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. 539.1 Б73 Практикум по методам обработки и моделирования в современных экспериментах по физике высоких энергий : учебное пособие для вузов, Богданов А.А., Лапидус К.О., Тимошенко С.Л., Москва: МИФИ, 2008

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

Специальное программное обеспечение не требуется

LMS И ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ:

https://online.mephi.ru/

http://library.mephi.ru/

8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Специальное материально-техническое обеспечение не требуется

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ СТУДЕНТОВ

При проведении самостоятельных занятий рекомендуется также использовать следующие учебные пособия:

"Статистические методы в экспериментальной физике", под редакцией А.А. Тяпкина, Москва, Атомиздат, 1976г.

"Постановка физического эксперимента и статистическая обработка его результатов", В.Н. Лавренчик, Москва, Энергоатомиздат, 1986г

При проведении лабораторных занятий рекомендуется использовать методическое пособие “Введение в объектно-ориентированный анализ на примере пакета ROOT”, Т.М. Соловьева, УНЦ-2003-22

10. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ

При проведении самостоятельных занятий рекомендуется также использовать следующие учебные пособия:

"Статистические методы в экспериментальной физике", под редакцией А.А. Тяпкина, Москва, Атомиздат, 1976г.

"Постановка физического эксперимента и статистическая обработка его результатов", В.Н. Лавренчик, Москва, Энергоатомиздат, 1986г

При проведении лабораторных занятий рекомендуется использовать методическое пособие “Введение в объектно-ориентированный анализ на примере пакета ROOT”, Т.М. Соловьева, УНЦ-2003-22

Автор(ы):

Булеков Олег Владимирович, к.ф.-м.н., доцент