

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 ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ МЕТОДОВ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ

ОДОБРЕНО УМС ИЯФИТ

Протокол № 01/08/24-573.1

от 30.08.2024 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
МЕТОД МОНТЕ-КАРЛО

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, экз./зач./КР/КП
5	1	36	16	16	0		4	0	3
Итого	1	36	16	16	0	0	4	0	

АННОТАЦИЯ

Проводится изучение принятых в математической статистике основных подходов к обработке экспериментальных данных и

овладение техникой обработки данных современными компьютерными средствами и, в частности - Метод Монте-Карло.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Целями освоения учебной дисциплины являются изучение принятых в математической статистике основных подходов к обработке экспериментальных данных.

Рассматриваются методы оценивания и надежность оценок, проверка статистических гипотез, метод наименьших квадратов и другие.

В качестве итоговой рассматривается задача выбора рекомендованного значения по ряду измерений, актуальная в области константного обеспечения ядерно-физических установок.

2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Для освоения данной дисциплины необходимо предшествующее освоение курсов математического анализа и теории вероятностей.

«Входными» знаниями являются знания курса «Математический анализ» и навыки работы в операционной системе Windows, знания общей физики и ядерной физики в университетском объеме, элементарные навыки программирования, информатика, современные методы моделирования и др.

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			
1 Изучение и анализ научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по	1 Объектами профессиональной деятельности выпускников по основной	ПК-13.1 [1] - Способен к сбору, обработке, анализу и обобщению результатов	З-ПК-13.1[1] - Знать цели и задачи проводимых исследований и разработок, их

тематике исследования; математическое моделирование процессов и объектов на базе стандартных пакетов автоматизированного проектирования и исследований; проведение экспериментов по заданной методике, составление описания проводимых исследований и анализ результатов; подготовка данных для составления обзоров, отчетов и научных публикаций, участие во внедрении результатов исследований и разработок;	образовательной программе «Экспериментальные исследования и моделирование фундаментальных взаимодействий» являются: атомное ядро, элементарные частицы и плазма, газообразное и конденсированное состояние вещества, лазеры и их применения, ускорители заряженных частиц, современная электронная схемотехника, электронные системы ядерных и физических установок, системы автоматизированного управления ядерно-физическими установками, разработка ядерных и физических установок, технологии применения приборов и установок для регистрации излучений, разделения изотопных и молекулярных смесей, а также анализа веществ, радиационное воздействие ионизирующих излучений на человека и окружающую среду, радиационные технологии в медицине, математические модели для теоретических,	экспериментов и исследований в соответствующей области знаний; <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011	методы и средства планирования, методы проведения экспериментов и наблюдений, обобщения; У-ПК-13.1[1] - Уметь оформлять результаты научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, применять методы анализа научно-технической информации; В-ПК-13.1[1] - Владеть методами сбора, обработки и анализа научной информации, способами ее обобщения
---	---	--	--

	экспериментальных и прикладных исследований явлений и закономерностей в области физики ядра, частиц, плазмы, газообразного и конденсированного состояния вещества, распространения и взаимодействия излучения с объектами живой и неживой природы, экологический мониторинг окружающей среды, обеспечение безопасности ядерных материалов, объектов и установок атомной промышленности и энергетики.		
1 Изучение и анализ научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по тематике исследования; математическое моделирование процессов и объектов на базе стандартных пакетов автоматизированного проектирования и исследований; проведение экспериментов по заданной методике, составление описания проводимых исследований и анализ результатов; подготовка данных для составления обзоров, отчетов и научных публикаций, участие во внедрении результатов исследований и	1 Объектами профессиональной деятельности выпускников по основной образовательной программе «Экспериментальные исследования и моделирование фундаментальных взаимодействий» являются: атомное ядро, элементарные частицы и плазма, газообразное и конденсированное состояние вещества, лазеры и их применения, ускорители заряженных частиц, современная электронная схмотехника, электронные системы ядерных и физических установок, системы	ПК-2 [1] - Способен проводить математическое моделирование процессов и объектов на базе стандартных пакетов автоматизированного проектирования и исследований <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011	3-ПК-2[1] - знать методы математического моделирования процессов и объектов на базе стандартных пакетов автоматизированного проектирования и исследований; ; У-ПК-2[1] - уметь использовать методы математического моделирования процессов и объектов на базе стандартных пакетов автоматизированного проектирования и исследований;; В-ПК-2[1] - владеть навыками математического моделирования процессов и объектов на базе стандартных пакетов автоматизированного проектирования и

разработок;	автоматизированного управления ядерно-физическими установками, разработка ядерных и физических установок, технологии применения приборов и установок для регистрации излучений, разделения изотопных и молекулярных смесей, а также анализа веществ, радиационное воздействие ионизирующих излучений на человека и окружающую среду, радиационные технологии в медицине, математические модели для теоретических, экспериментальных и прикладных исследований явлений и закономерностей в области физики ядра, частиц, плазмы, газообразного и конденсированного состояния вещества, распространения и взаимодействия излучения с объектами живой и неживой природы, экологический мониторинг окружающей среды, обеспечение безопасности ядерных материалов, объектов и установок атомной промышленности и энергетики.		исследований;
1 Изучение и анализ	1 Объектами	ПК-3 [1] - Способен	3-ПК-3[1] - знать

научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по тематике исследования; математическое моделирование процессов и объектов на базе стандартных пакетов автоматизированного проектирования и исследований; проведение экспериментов по заданной методике, составление описания проводимых исследований и анализ результатов; подготовка данных для составления обзоров, отчетов и научных публикаций, участие во внедрении результатов исследований и разработок;	профессиональной деятельности выпускников по основной образовательной программе «Экспериментальные исследования и моделирование фундаментальных взаимодействий» являются: атомное ядро, элементарные частицы и плазма, газообразное и конденсированное состояние вещества, лазеры и их применения, ускорители заряженных частиц, современная электронная схемотехника, электронные системы ядерных и физических установок, системы автоматизированного управления ядерно-физическими установками, разработка ядерных и физических установок, технологии применения приборов и установок для регистрации излучений, разделения изотопных и молекулярных смесей, а также анализа веществ, радиационное воздействие ионизирующих излучений на человека и окружающую среду, радиационные технологии в	проводить физические эксперименты по заданной методике, составлять описания проводимых исследований, отчеты по анализу результатов и подготовке научных публикаций <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011	основные физические законы и методы обработки данных ; У-ПК-3[1] - уметь работать по заданной методике, составлять описания проводимых исследований и отчеты, подготавливать материалы для научных публикаций; В-ПК-3[1] - владеть навыками проведения физических экспериментов по заданной методике, основами компьютерных и информационных технологий, научной терминологией
--	--	--	---

	медицине, математические модели для теоретических, экспериментальных и прикладных исследований явлений и закономерностей в области физики ядра, частиц, плазмы, газообразного и конденсированного состояния вещества, распространения и взаимодействия излучения с объектами живой и неживой природы, экологический мониторинг окружающей среды, обеспечение безопасности ядерных материалов, объектов и установок атомной промышленности и энергетики.		
--	--	--	--

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/ Практ. (семинары)/ Лабораторные работы, час.	Обязат. текущий контроль (форма*, неделя)	Максимальный балл за раздел**	Аттестация раздела (форма*, неделя)	Индикаторы освоения компетенции
	<i>5 Семестр</i>						
1	Часть 1	1-8	8/8/0		25	КИ-8	З-ПК-2, У-ПК-2, В-ПК-2,

							3-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3
2	Часть 2	9-16	8/8/0		25	КИ-16	3-ПК-13.1, У-ПК-13.1, В-ПК-13.1
	<i>Итого за 5 Семестр</i>		16/16/0		50		
	Контрольные мероприятия за 5 Семестр				50	3	3-ПК-2, У-ПК-2, В-ПК-2, 3-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3, 3-ПК-13.1, У-ПК-13.1, В-ПК-13.1

* – 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
КИ	Контроль по итогам
З	Зачет

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Недели	Темы занятий / Содержание	Лек., час.	Пр./сем., час.	Лаб., час.
	<i>5 Семестр</i>	16	16	0
1-8	Часть 1	8	8	0
1 - 2	Обработка данных в современной экспериментальной физике. Дискретные и непрерывные случайные величины. Свойства и числовые характеристики основных распределений.	Всего аудиторных часов		
		1	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
2 - 4	Потоки событий. Пуассоновский поток событий - математическая модель, условия применимости для описания реальных потоков. Потоки событий - производные от пуассоновского. Каскадные процессы - примеры из физики детекторов.	Всего аудиторных часов		
		2	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
4 - 6	Основные положения математической статистики и метод Монте-Карло. Оценки и их свойства. Оценивание параметров генеральной совокупности по выборке. Равноточные и неравноточные распределения.	Всего аудиторных часов		
		2	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
6 - 8	Погрешности косвенных измерений. Оценка параметров генеральной совокупности методом моментов и максимального правдоподобия.	Всего аудиторных часов		
		2	2	0
		Онлайн		

		0	0	0
8 - 9	Надежность оценок. Доверительные интервалы для математического ожидания и дисперсии нормально распределенной совокупности. Методика построения доверительных интервалов для параметров генеральной совокупности с произвольным законом распределения.	Всего аудиторных часов		
		1	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
9-16	Часть 2	8	8	0
9 - 11	Статистическая проверка гипотез. Основные понятия и определения. Общая логическая проверка нулевой гипотезы. Ошибки первого и второго рода. Мощность критерия.	Всего аудиторных часов		
		2	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
11 - 12	Линейный метод наименьших квадратов. Линейный метод наименьших квадратов в интерпретации экспериментальных данных. Выбор вида аппроксимирующей функции, оценка ее параметров. Понятие о нелинейном МНК. Обзор методов численной минимизации.	Всего аудиторных часов		
		2	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
12 - 14	Задача о выборе рекомендованного значения. Выдвижение и проверка гипотез о происхождении ряда измерений. Надежность рекомендованного значения физической величины.	Всего аудиторных часов		
		2	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
14 - 16	Основные приемы обработки спектрометрической информации. Выбор шага дискретизации. Оценка площади и положения максимума пика в линейчатом спектре. Понятие об автоматической обработке линейчатых спектров.	Всего аудиторных часов		
		2	2	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

ТЕМЫ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

Недели	Темы занятий / Содержание
	<i>5 Семестр</i>
2	Р.1 Свойства пуассоновского потока.
4	Р.2 Проверка статистических гипотез и критерии согласия.
6	Р.3 Линейный метод наименьших квадратов.

8	Р.4 Методы оценивания и надежность оценок.
---	--

6. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В процессе освоения курса помимо лекций используются практические занятия в активной и интерактивной форме с применением IMS, электронных ресурсов и информационно-коммуникационных технологий.

Предусматривается самостоятельная внеаудиторная работа – обработка полученных экспериментальных данных, их анализ и интерпретация.

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-13.1	З-ПК-13.1	З, КИ-16
	У-ПК-13.1	З, КИ-16
	В-ПК-13.1	З, КИ-16
ПК-2	З-ПК-2	З, КИ-8
	У-ПК-2	З, КИ-8
	В-ПК-2	З, КИ-8
ПК-3	З-ПК-3	З, КИ-8
	У-ПК-3	З, КИ-8
	В-ПК-3	З, КИ-8

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 – «отлично»	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 – «хорошо»	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 – «удовлетворительно»	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 – «неудовлетворительно»	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.

8. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. ЭИ Y50 Study of Quark Gluon Plasma By Particle Correlations in Heavy Ion Collisions : , Yi, Li. , New York, NY: Springer New York, 2016
2. 539.1 В24 Введение в физику тяжелых ионов : учебное пособие для вузов, Гангрский Ю.П. [и др.], Москва: МИФИ, 2008
3. ЭИ К82 Лабораторный практикум по курсу "Статистические методы обработки информации" : , Кулябичев Ю.П., Крицына Н.А., Москва: НИЯУ МИФИ, 2015
4. 539.1 Б73 Практикум по методам обработки и моделирования в современных экспериментах по физике высоких энергий : учебное пособие для вузов, Богданов А.А., Лapidус К.О., Тимошенко С.Л., Москва: МИФИ, 2008

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. 539.1 П99 Лабораторный практикум по курсу "Методы обработки результатов измерений" : , Пятков Ю.В., Федотов С.Н., Москва: МИФИ, 2001

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

Тема 1. Введение

Обратить внимание на отчетливое понимание следующих понятий и вопросов: «случайность», «случайная величина», частота появления конкретного значения величины в выборке и случайность, наглядный смысл среднего значения и дисперсии случайной величины.

Тема 2. Пуассоновский поток событий и смежные вопросы

Уяснить общий смысл термина «поток». Поток событий во времени: случайные величины, которые могут быть связаны с потоком (два языка описания свойств потока событий). Физические примеры, иллюстрирующие нарушение свойств, при которых поток является пуассоновским - придумать свои. Применимость модели пуассоновского потока к реальным потокам событий в практике эксперимента – зафиксировать соответствующие количественные указания.

Тема 3. Метод Монте-Карло

Обратить внимание на вариативность (наличие нескольких вариантов) оценки одной и той же величины: пример оценки определенного интеграла методом Монте-Карло (два варианта) и ее случайный характер. Моделирование случайной величины, распределенной по биномиальному закону – представить мысленно эксперимент по получению значений такой случайной величины.

Тема 4. Методы оценивания и надежность оценок

Обратить внимание на базовые определения - что понимается под генеральной совокупностью и выборкой. Уяснить, что собственно оценивается по выборке, обратить внимание на случайный характер оценки. Доверительный интервал: случайные пределы для неслучайной величины – обратить внимание на этот факт и понять, почему такое возникает.

Тема 5 . Проверка статистических гипотез и критерии согласия

Иметь в виду, что излагаемая в курсе процедура проверки статистической гипотезы в приближении «здравого смысла», опираясь на метод Монте-Карло, является базовой для понимания любого критерия согласия и решения соответствующей задачи ДЗ. Вывод условий, при которых проверочная статистика распределена по χ^2 , далее востребован в других разделах курса. Этот вывод необходимо воспроизводить самостоятельно. Придумать примеры, связанные с проверкой одной и той же гипотезы о том, что выборка взята из некоторой генеральной совокупности, но с разным числом степеней свободы.

Тема 6. Метод наименьших квадратов и смежные вопросы

Обратить внимание на «всеядность» МНК в смысле вида функции, выбранной для аппроксимации данных и критерий выбора «корректного» аппроксиматора. Сплайн-МНК как универсальный подход к интерполяции экспериментальных данных – уяснить, на чем базируется эта универсальность и является ли она абсолютной.

Тема 7. Примеры решения практически важных задач

Априорная модель обрабатываемой выборки как основа алгоритма получения оценок и их интерпретации – внимательно отнестись к этой, кажущейся вводной, части темы – это ключ к пониманию стратегии оценивания, рассматриваемой на примере оценки интенсивности пуассоновского потока при разных условиях измерений.

11. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ

Преподаватель должен сконцентрировать свои усилия на обеспечении самостоятельной работы студентов.

Предполагается следующая структура лекционно-практических занятий: чтение блока теоретического материала с последующей проработкой в ходе самостоятельной работы.

Опыт, накопленный в ходе преподавания данной дисциплины, показывает, что необходимо мотивировать студента на самостоятельную работу. Постановка нетривиальной задачи является наилучшим стимулом.

Хорошо зарекомендовали себя такие формы работы как диалог со студентом, групповая дискуссия. Активным студентам предлагается сделать небольшие сообщения по каким-либо частным аспектам изученных материалов.

Автор(ы):

Федотов Сергей Николаевич, к.ф.-м.н., с.н.с.

Пятков Юрий Васильевич, д.ф.-м.н., профессор