

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
МЕТОДЫ ОБРАБОТКИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ СПЕКТРОВ

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
3	4	144	0	64	0		44	0	Э
Итого	4	144	0	64	0	0	44	0	

АННОТАЦИЯ

Базовый курс по направлению обучения студента.

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

овладение техникой обработки данных современными компьютерными средствами.

Особое внимание уделяется методике проведения обработки экспериментальных данных с разной статистической обеспеченностью.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Целями освоения учебной дисциплины МОЭС являются :

- изучение практических методов и подходов к обработке линейчатых и непрерывных спектров ионизирующих излучений для оценки физических характеристик инициирующего их излучения,

- а также изучение физического процесса в целом;

- улучшения характеристик использованной в эксперименте спектрометрической аппаратуры за счет методов обработки результатов.

2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Данная учебная дисциплина входит в образовательный модуль комплекса курсов по специальности. Структурное место дисциплины в ООП магистратуры приводится ниже.

Логически и содержательно – методически дисциплина является частью заключительной специализации, являющейся неотъемлемой частью знаний физика – экспериментатора в области экспериментальной ядерной физики и физики частиц.

«Входными» знаниями являются знания курсов общей физики, ядерной физики, теоретической физики, теории вероятностей, изучаемых студентом при обучении на предыдущем уровне.

Для освоения данной дисциплины необходимо предшествующее освоение курса «Методы обработки результатов измерений», продолжением которого и является настоящий курс.

3. ФОРМИРУЕМЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Универсальные и(или) общепрофессиональные компетенции:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
УКЦ-2 [1] – Способен к самообучению, самоактуализации и	3-УКЦ-2 [1] – Знать основные цифровые платформы, технологии и интернет ресурсы используемые при онлайн

саморазвитию с использованием различных цифровых технологий в условиях их непрерывного совершенствования	обучении У-УКЦ-2 [1] – Уметь использовать различные цифровые технологии для организации обучения В-УКЦ-2 [1] – Владеть навыками самообучения, самоактуализации и саморазвития с использованием различных цифровых технологий
----------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

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
проектный			
4 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 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,	4 Математические модели для теоретических, экспериментальных и прикладных проектов по исследованию явлений и закономерностей в области физики ядра, частиц, плазмы, газообразного и конденсированного состояния вещества, распространения и взаимодействия излучения с объектами живой и неживой природы, включая экологический мониторинг окружающей среды, обеспечение безопасности гражданских объектов	ПК-3.3 [1] - Способен к работе с современным программным обеспечением и его разработке для численных предсказаний (моделирования), обработки и анализа экспериментальных данных в области физики ядра и элементарных частиц <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011	З-ПК-3.3[1] - Знать принципы формирования целей проекта (программы) решения задач, критериев и показателей достижения целей, построения структуры их взаимосвязей, выявления приоритетов решения задач с учетом всех аспектов деятельности; У-ПК-3.3[1] - Уметь проводить проектирование детекторов и установок, а также, на концептуальном уровне, самих экспериментов в области физики ядра и элементарных частиц, использовать информационные технологии при разработке новых установок, материалов и изделий;

материалов и изделий			В-ПК-3.3[1] - Владеть методами выполнения расчётных, проектно-конструкторских работ и обработки результатов средствами современных программных пакетов
научно-исследовательский			
1 Разработка методов регистрации ионизирующих и электромагнитных излучений; создание теоретических моделей состояния вещества, взаимодействия лазерного и ионизирующего излучения с веществом; создание математических моделей, описывающих процессы в ядерных реакторах, ускорителях, коллайдерах, масс-спектрометрах; создание методов расчета разделения изотопных и молекулярных смесей; создание современных электронных устройств сбора и обработки информации, учета воздействия на эти устройства ионизирующего и электромагнитного излучений; разработка методов повышения безопасности ядерных и лазерных установок, материалов и технологий; разработка теоретических моделей прохождения излучения через вещество,	1 Современный ядерно-физический эксперимент, современные электронные системы сбора и обработки данных для ядерных и физических установок математические модели для теоретического и экспериментального исследований фундаментальных взаимодействий элементарных частиц и атомных ядер и их излучений	ПК-4 [1] - Способен самостоятельно выполнять экспериментальные и теоретические исследования для решения научных и производственных задач <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011	З-ПК-4[1] - Знать: цели и задачи проводимых исследований; основные методы и средства проведения экспериментальных и теоретических исследований; методы и средства математической 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

воздействия ионизирующего, лазерного и электромагнитного излучений на человека и объекты окружающей среды			
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--	--	--

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>3 Семестр</i>						
1	Часть 1	1-8	0/32/0		25	КИ-8	3-ПК-3.3, У-ПК-3.3, В-ПК-3.3, 3-УКЦ-2, У-УКЦ-2, В-УКЦ-2
2	Часть 2	9-16	0/32/0		25	КИ-16	3-ПК-3.3, У-ПК-3.3, В-ПК-3.3, 3-ПК-4, У-ПК-4, В-ПК-4
	<i>Итого за 3 Семестр</i>		0/64/0		50		
	Контрольные мероприятия за 3 Семестр				50	Э	3-ПК-3.3, У-ПК-3.3, В-ПК-3.3, 3-ПК-4, У-ПК-4, В-ПК-4, 3-УКЦ-2, У-УКЦ-2, В-УКЦ-2

* – 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
Э	Экзамен

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Недели	Темы занятий / Содержание	Лек., час.	Пр./сем., час.	Лаб., час.
	<i>3 Семестр</i>	0	64	0
1-8	Часть 1	0	32	0
1	Введение Определение спектра. Типичные функции отклика полупроводниковых спектрометров ионизирующих излучений.	Всего аудиторных часов		
		0	4	0
		Онлайн		
		0	0	0
2	T1 Метод Монте-Карло в моделировании данных физических экспериментов.	Всего аудиторных часов		
		0	4	0
		Онлайн		
		0	0	0
3	T2 Моделирование функций отклика спектрометров.	Всего аудиторных часов		
		0	4	0
		Онлайн		
		0	0	0
4	T3 Численные методы поиска экстремума спектра.	Всего аудиторных часов		
		0	4	0
		Онлайн		
		0	0	0
5	T4 Алгоритмы многомерного поиска экстремума спектра.	Всего аудиторных часов		
		0	4	0
		Онлайн		
		0	0	0
6	T5 Сплайн-метод наименьших квадратов в задачах фильтрации экспериментальных данных.	Всего аудиторных часов		
		0	4	0
		Онлайн		
		0	0	0
7	T6 Фурье-преобразование.	Всего аудиторных часов		
		0	4	0
		Онлайн		
		0	0	0
8	T7 Автоматическая обработка спектров.	Всего аудиторных часов		
		0	4	0
		Онлайн		
		0	0	0
9-16	Часть 2	0	32	0
9	T8 Определение параметров пиков спектров.	Всего аудиторных часов		
		0	4	0
		Онлайн		
		0	0	0
10	T9 Обзор методов обработки линейчатых спектров.	Всего аудиторных часов		
		0	4	0
		Онлайн		
		0	0	0
11	T10	Всего аудиторных часов		

	Обработка непрерывных спектров.	0	4	0
		Онлайн		
		0	0	0
12 - 13	T11-12 Методы регуляризации системы уравнений для непрерывных спектров.	Всего аудиторных часов		
		0	8	0
		Онлайн		
14	T13 Метод статистической регуляризации.	0	0	0
		Всего аудиторных часов		
		0	4	0
15 - 16	T14 Интегральные методы решения некорректно поставленной задачи. Подготовка к итоговой аттестации	Онлайн		
		0	0	0
		Всего аудиторных часов		
		0	8	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

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В процессе освоения курса используются:

- практические занятия курса «Методы и средства анализа многомерной информации», частично базирующегося на изучении алгоритмов обработки данных, рассматриваемых в настоящем курсе;
- самостоятельная практическая работа.
- собеседование по итогам написания ответов на контрольные вопросы (8, 16 недели).
- подготовка к итоговой аттестации (разбор заданий).

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-3.3	З-ПК-3.3	Э, КИ-8, КИ-16
	У-ПК-3.3	Э, КИ-8, КИ-16
	В-ПК-3.3	Э, КИ-8, КИ-16
ПК-4	З-ПК-4	Э, КИ-16
	У-ПК-4	Э, КИ-16
	В-ПК-4	Э, КИ-16
УКЦ-2	З-УКЦ-2	Э, КИ-8
	У-УКЦ-2	Э, КИ-8
	В-УКЦ-2	Э, 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-х балльной шкале	Отметка о зачете	Оценка ECTS
90-100	5 – «отлично»	«Зачтено»	A
85-89	4 – «хорошо»		B
75-84			C
70-74			D
65-69	3 – «удовлетворительно»		E
60-64			
Ниже 60	2 – «неудовлетворительно»	«Не зачтено»	F

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 К84 Assessment of Autism Spectrum Disorder : Critical Issues in Clinical, Forensic and School Settings, Willard, Marcy. , Huckabee, Helena. , Kroncke, Anna P. , Cham: Springer International Publishing, 2016
2. ЭИ N76 Nonautonomous Linear Hamiltonian Systems: Oscillation, Spectral Theory and Control : , Nunez, Carmen. [и др.], Cham: Springer International Publishing, 2016
3. 519 С12 Метод Монте-Карло : учебное пособие для вузов, Савёлова Т.И., Москва: НИЯУ МИФИ, 2011
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 В24 Введение в физику тяжелых ионов : учебное пособие для вузов, Гангрский Ю.П. [и др.], Москва: МИФИ, 2008
2. 55 Т76 Современные методы и алгоритмы обработки и анализа комплекса космической, геолого-геофизической и геохимической информации для прогноза углеводородного потенциала неизученных участков недр : , Шуваева М.К., Трофимов Д.М., Евдокименков В.Н., Москва: Физматлит, 2012

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

Указания для изучения ключевых тем:

- Введение

Обратить внимание на физические и методические причины формирования линейчатых и непрерывных спектров ионизирующих излучений, дабы не утратить физическую цель обработки за математической техникой.

- Метод Монте-Карло

В качестве одного из ключевых пунктов раздела зафиксировать вероятностный характер оценок, получаемых методом Монте-Карло. В примерах моделирования естественных процессов (например, прохождения излучения через вещество) отследить связь модели с физикой реальных процессов.

-Численные методы поиска экстремума

Обратить внимание на постановку задачи – почему возникает необходимость привлечения численных методов минимизации при наличии хорошо известных аналитических. Зафиксировать все возможные случаи завершения работы программы минимизации и приемы выявления локальных минимумов анализируемой функции – техника минимизации универсальна и востребована в самых разных предметных областях.

- Сплайн-метод наименьших квадратов

Чем обеспечивается универсальность сплайн-МНК в интерполяции данных (столь универсальное «оружие» заслуживает повышенного внимания)? В порядке упражнения, воспроизвести вывод условий, при которых целевая функция в МНК распределена по хи-квадрат. На этой базе – что есть критерий качества аппроксимации? Задачи, «патологические» для конкретного метода минимизации – что это и как бороться.

-Дискретное преобразование Фурье

Проблема наложения частот при использовании дискретного Фурье преобразования в обработке реальных данных (например, восстановление линейчатых спектров, искаженных вследствие наложений) – где стелить «соломку».

-Обработка линейчатых спектров

Алгоритм сглаживания спектра с применением сплайн-МНК с регулируемой кривизной аппроксиматора – универсальность инструмента возросла, пропорционально должно возрасти к этому внимание.

-Обработка непрерывных спектров

Задача восстановления спектра с получением уравнения Фредгольма 1-го рода на примере задачи гамма - спектрометрии. В этом разделе как нигде актуально не потерять физическую цель за формальными процедурами. Формальные и информационные причины неустойчивости обратной задачи для уравнения Фредгольма 1-го рода – еще один пункт, где важно "не потерять лес за деревьями". Прокомментировать вид регуляризирующего оператора по Тихонову с позиций «здравого смысла» . Последствия некорректного учета погрешностей

исходного спектра при поиске устойчивого решения уравнения Фредгольма имеют большую цену.

10. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ

Общие указания:

1. В начале вводного занятия разъяснить условия обучения, т.е. меры поощрения и порицания, которые могут быть применены в ходе изучения курса, а также план практических и самостоятельных занятий.

2. Предупредить о порядке промежуточной и итоговой проверки знаний и о порядке проведения итогового аттестационного мероприятия (экзамена).

3. Проинформировать о сайте с материалами по данному курсу, как ресурсу для самоподготовки и связи с преподавателем.

4. Проинформировать о необходимости выполнения внеаудиторной самостоятельной работы (работа с литературными источниками).

Автор(ы):

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

Рецензент(ы):

Колдашов С.В., с.н.с. каф.7