

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

ИНСТИТУТ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИХ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ  
КАФЕДРА ПРИКЛАДНОЙ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ

ОДОБРЕНО УМС ИФТИС

Протокол № 1

от 28.08.2024 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

**МЕТОДЫ ОБРАБОТКИ РЕЗУЛЬТАТОВ ФИЗИЧЕСКОГО ЭКСПЕРИМЕНТА**

Направление подготовки  
(специальность)

[1] 12.03.01 Приборостроение

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
7	4	144	16	48	0		44	0	Э
Итого	4	144	16	48	0	0	44	0	

## АННОТАЦИЯ

Данная дисциплина посвящена описанию основных методов обработки результатов эксперимента на базе математической статистики и регрессионного анализа. Курс включает в себя компьютерные занятия для ознакомления с главами теории вероятности, математической статистики, методы решений обратных задач физики, основы регрессионного анализа, методы оптимального планирования на примерах основных ядерных экспериментов.

### 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Данная дисциплина посвящена описанию основных методов обработки результатов эксперимента на базе математической статистики и регрессионного анализа. Курс включает в себя компьютерные занятия для ознакомления с главами теории вероятности, математической статистики, методы решений обратных задач физики, основы регрессионного анализа, методы оптимального планирования на примерах основных ядерных экспериментов.

### 2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина является одной из базовых дисциплин, изучаемых студентами в рамках данного направления. Для изучения дисциплины необходимы компетенции, сформированные у обучающихся в результате освоения общей физики и высшей математики. Освоение данной дисциплины необходимо для понимания соответствующих разделов ведущих дисциплин по профилю подготовки.

### 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
производственно-технологический			
Проведение прикладных исследований в соответствии с рабочими планами; наладка,	интеллектуальные измерительные системы, ядерно-физические, электрофизические приборы и	ПК-14.2 [1] - Способен проводить расчетные исследования и экспериментальные измерения характеристик ядерно-	З-ПК-14.2[1] - знать основы ядерной физики и физики взаимодействия ядерного излучения с веществом, методы

регулирование и проведение экспериментальных измерений на установках и стендах	устройства	<p>физических процессов при эксплуатации и создании интеллектуальных измерительных систем, содержащих устройства генерации и детектирования ионизирующего излучения.</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 24.078</p>	<p>обработки результатов физического эксперимента, методы регистрации и генерации ионизирующего излучения, а также нормы и правила производственной, радиационной безопасности и электробезопасности.; У-ПК-14.2[1] - уметь проводить расчетные исследования и решать прикладные задачи в области ядерной физики. Уметь получать и анализировать информацию. Уметь эксплуатировать экспериментальные установки и стенды в безопасных режимах; В-ПК-14.2[1] - владеть математическим аппаратом, позволяющим решать задачи в области ядерной физики, а также владеть методиками измерения, получения и обработки информации от ядерно-физических приборов и устройств.</p>
--	------------	---	--

#### 4. ВОСПИТАТЕЛЬНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ДИСЦИПЛИНЫ

Направления/цели воспитания	Задачи воспитания (код)	Воспитательный потенциал дисциплин
Профессиональное воспитание	Создание условий, обеспечивающих, формирование ответственности за профессиональный выбор, профессиональное развитие и профессиональные решения (В18)	Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для формирования у студентов ответственности за свое профессиональное развитие посредством выбора студентами индивидуальных образовательных траекторий, организации системы общения между всеми участниками

		образовательного процесса, в том числе с использованием новых информационных технологий.
Профессиональное воспитание	Создание условий, обеспечивающих, формирование творческого инженерного мышления и стремления к постоянному самосовершенствованию (В43)	1. Использование воспитательного потенциала дисциплин "Введение в физику взаимодействия ионизирующего излучения с веществом", "Введение в нейтронную физику" для формирования профессиональной ответственности, творческого инженерного мышления путем проведения физических экспериментов по заданным методикам, учитывая конструктивные особенности разрабатываемой ядерно-физической, электрофизической и киберфизической аппаратуры и составления описания проводимых исследований, отчетов, анализа результатов и подготовки научных публикаций. 2. Использование воспитательного потенциала дисциплины «Основы проектирования киберфизических устройств и систем» для формирования приверженности к профессиональным ценностям, этике и культуре инженера-разработчика, повышения интереса к инженерно-проектной деятельности через изучение вопросов применения методов программной инженерии в проектировании, повышения радиационной стойкости аппаратуры и учета внешних воздействующих факторов, ознакомление с технологиями промышленного производства посредством погружения студентов в работу научных лабораторий.

## 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>7 Семестр</i>						
1	Первый раздел	1-8	8/24/0		25	КИ-8	З-ПК-14.2, У-ПК-14.2, В-ПК-14.2
2	Второй раздел	9-16	8/24/0		25	КИ-16	З-ПК-14.2, У-ПК-14.2, В-ПК-14.2
	<i>Итого за 7 Семестр</i>		16/48/0		50		
	<b>Контрольные мероприятия за 7 Семестр</b>				50	Э	В-ПК-14.2, З-ПК-14.2, У-ПК-14.2

\* – 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>7 Семестр</i>	16	48	0
<b>1-8</b>	<b>Первый раздел</b>	8	24	0
1	<b>Основные понятия</b> Схема проведения эксперимента. Математическое и физическое моделирование. Методы измерений прямые, косвенные, совместные, совокупные. Средства измерения. Погрешности измерения, их виды. Представление экспериментальных данных. Числовые характеристики случайных величин. Вероятность. Функция распределения вероятности и функция плотности вероятности. Математическое ожидание случайной величины. Дисперсия случайной величины. Выборочная дисперсия выборки объема n.	Всего аудиторных часов		
		1	3	0
		Онлайн		
		0	0	0
2	<b>Распределения</b> Некоторые распределения случайных величин (распределение Пуассона, нормальное, равномерное).	Всего аудиторных часов		
		1	3	0
		Онлайн		

	Центральная предельная теорема. Распределения хи-квадрат, Стьюдента, Фишера. Примеры применения распределений.	0	0	0
3 - 4	<b>Оценки распределений</b> Оценки параметров распределений. Точечные и интервальные оценки. Требования, предъявляемые к оценкам. Надежность и доверительная вероятность. Уровень значимости. Доверительный интервал. Доверительный интервал для математического ожидания при известной дисперсии. Доверительный интервал для математического ожидания при неизвестной дисперсии. Доверительный интервал для дисперсии.	Всего аудиторных часов		
		2	6	0
		Онлайн		
		0	0	0
5	<b>Методы получения оценок</b> Методы получения оценок. Метод моментов. Метод максимального правдоподобия. Функция максимального правдоподобия. Байесовский подход к получению оценок. Перенос ошибок. Матрица ошибок (ковариационная матрица). Линейные функции. Нелинейные функции. Метод наименьших квадратов (МНК). Границы применимости метода. МНК в случае прямых равноточных измерений. МНК в случае косвенных измерений. Свойства оценок, получаемых методом наименьших квадратов.	Всего аудиторных часов		
		1	3	0
		Онлайн		
		0	0	0
6 - 8	<b>Методы проверки статистических гипотез</b> Проверка статистических гипотез. Ошибки первого и второго рода. Мощность критерия. Вероятности ложных тревог и пропуска цели. Критические статистики. Критерий Неймана - Пирсона. Односторонний и двусторонние критерии для нормально распределенных результатов измерений с известной и неизвестной дисперсией. Критерий отношения дисперсий. Критерий отношения функций правдоподобия. Анализ грубых погрешностей. Критерии согласия Пирсона (хи-квадрат), Мизеса (w-квадрат), Колмогорова.	Всего аудиторных часов		
		3	9	0
		Онлайн		
		0	0	0
9-16	<b>Второй раздел</b>	8	24	0
9 - 10	<b>Регрессионный анализ</b> Основы регрессионного анализа. Оценка параметров регрессии.	Всего аудиторных часов		
		2	6	0
		Онлайн		
		0	0	0
11	<b>Линейные спектры</b> Обработка линейчатых спектров. Сглаживание спектров. Автоматический поиск пиков. Методы максимума, плавающего отрезка, первой и второй производных. Определение площади отдельных пиков и положения их максимумов. Выбор функции определяющей положение пиков полного поглощения. Определение интенсивности и энергий пиков. Метод наименьших квадратов на основе сплайнов. Примеры обработки спектров.	Всего аудиторных часов		
		1	3	0
		Онлайн		
		0	0	0
12 - 13	<b>Методы решения некорректных задач</b> Методы решения некорректно поставленных задач. Понятие регуляризующего алгоритма. Параметр регуляризации. Функция обобщенной невязки.	Всего аудиторных часов		
		2	6	0
		Онлайн		
		0	0	0

	Конечномерная аппроксимация некорректно поставленных задач. Пример уравнения Фредгольма 1 рода, Численные методы решения некоторых задач линейной алгебры. Уравнения типа свертки. Методы выбора параметра регуляризации.			
14	<b>Проведение экспериментов</b> Планирование эксперимента. Оптимальное распределение времени наблюдений. Выбор точек наблюдений.	Всего аудиторных часов		
		1	3	0
		Онлайн		
15 - 16	<b>Метод Монте-Карло</b> Метод статистических испытаний (метод Монте-Карло). Получение последовательности псевдослучайных чисел, равномерно распределенных в интервале $[0;1]$ . Методы получения случайных чисел с заданным законом распределения. Метод обратных функций. Моделирование многомерной случайной величины. Розыгрыш длины свободного пробега, типа взаимодействия, углов и энергий при взаимодействии. Использование статистических весов. Оценка точности вычислений.	Всего аудиторных часов		
		2	6	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

лекции, практические задачи, компьютерный практикум

## 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-14.2	З-ПК-14.2	Э, КИ-8, КИ-16
	У-ПК-14.2	Э, КИ-8, КИ-16
	В-ПК-14.2	Э, КИ-8, КИ-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:

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 К53 Избранные главы математики в примерах и задачах : Учебное пособие, Кнопова С.М., Москва: МИФИ, 2009



2. ЭИ Д26 Методы обработки результатов ядерно-физического эксперимента : лабораторный практикум: учебное пособие для вузов, Кадилин В.В., Рябева Е.В., Деденко Г.Л., Москва: МИФИ, 2008
3. 519 К85 Метрический анализ и обработка данных : учебное пособие, Крянев А.В., Лукин Г.В., Москва: Физматлит, 2012
4. ЭИ Ш 63 Наглядная статистика. Используем R! : учебное пособие, Волкова П. А. [и др.], Москва: ДМК Пресс, 2014
5. ЭИ Б 48 Статистическая обработка данных, планирование эксперимента и случайные процессы : учебное пособие для вузов, Берикашвили В. Ш., Москва: Юрайт, 2021
6. ЭИ П 90 Статистическая обработка результатов измерений : учебное пособие, Норин В. А., Пухаренко Ю. В., Санкт-Петербург: Лань, 2021
7. ЭИ Р 98 Статистические методы обработки результатов измерений (с примерами в среде Mathcad) : Учебное пособие, Рябева Е.В., Москва: Буки Веди, 2019

#### ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. ЭИ В 76 Регрессионный анализ данных в пакете MATHCAD : учебное пособие, Воскобойников Ю. Е., Санкт-Петербург: Лань, 2021

#### 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. Общие положения**

1.1. При реализации программы дисциплины используются образовательные технологии в форме лекций, практических занятий и самостоятельной работы с использованием Internet-ресурсов, методических разработок, учебной, научно-популярной и научной литературы.

1.2. Приступая к изучению дисциплины студенту необходимо ознакомиться с целями и задачами дисциплины, содержанием рабочей программы дисциплины, рекомендуемыми литературными источниками, методическими разработками по данной дисциплине, имеющимися на образовательном портале и сайте кафедры.

## 2. Рекомендации по подготовке к лекционным занятиям.

2.1. Изучение дисциплины требует систематического и последовательного накопления знаний, следовательно, пропуски отдельных тем не позволяют глубоко освоить предмет. Поэтому студентам, пропустившим занятия, необходимо самостоятельно проработать тему.

2.2. Для понимания материала учебной дисциплины и качественного его усвоения рекомендуется вести конспект лекций. Конспектирование представляет собой сжатое и свободное изложение наиболее важных, кардинальных вопросов темы, излагаемой в лекции.

2.3. Перед очередной лекцией следует просмотреть по конспекту материал предыдущей лекции и прорабатывать учебный материал лекции по учебнику и учебным пособиям для успешного освоения материала.

2.4. Возникающие вопросы и непонятные моменты можно записывать в конспект, чтобы спросить о них у преподавателя на лекции.

## 3. Рекомендации по подготовке к практическим занятиям.

3.1. Практические занятия служат для закрепления изученного теоретического материала. Подготовка к практическому занятию включает в себя текущую работу над учебными материалами с использованием конспектов и рекомендуемой основной и дополнительной литературы.

3.2. При подготовке к практическим занятиям следует проработать теоретический материал по рекомендованным литературным источникам, внимательно прочитать материал лекций, относящихся к данному практическому занятию.

3.3. В ходе практических занятий давать конкретные, четкие ответы по существу вопросов, доводить каждую задачу до окончательного решения, демонстрировать понимание проведенных расчетов (анализов, ситуаций), в случае затруднений обращаться к преподавателю.

## 4. Самостоятельная работа обучающихся

4.1. Самостоятельная работа предполагает формирование и усвоение теоретического материала на базе изучения и систематизации материалов учебников, официальных государственных документов, законов, нормативно-справочных материалов с использованием информационно-поисковых систем, компьютерной сети Интернет.

4.2. Обучающимся следует руководствоваться графиком самостоятельной работы, определенным рабочим планом дисциплины и выполнять все плановые задания, выдаваемые преподавателем для самостоятельной работы, и представлять их в установленный срок.

## 5. Рекомендации по подготовке и сдаче аттестации по дисциплине.

5.1. Аттестация по дисциплине основана на балльно-рейтинговой системе, которая включает текущий контроль успеваемости, рубежный контроль в семестре и промежуточную аттестацию по итогам освоения дисциплины.

5.2. Текущий контроль подразумевает проверку готовности студентов к занятиям, для чего могут быть использованы различные проверочные задания. Прохождение контрольных рубежей проводится в середине и в конце семестра и может осуществляться в виде контрольных работ, письменных опросов и т.д. Этап промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины в целом подразумевает сдачу экзамена. При подготовке к промежуточной аттестации необходимо по рекомендованным литературным источникам проработать теоретический материал и внимательно изучить материал лекций, соответствующий вопросам, выносимым на аттестацию.

## **11. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ**

### **1. Общие положения**

1.1. При реализации программы дисциплины используются образовательные технологии в форме лекций, практических занятий, лабораторных работ и самостоятельной работы с использованием Internet-ресурсов, методических разработок, учебной, научно-популярной и научной литературы.

#### **1.2. На первом занятии преподаватель:**

- знакомит студентов с целями и задачами преподаваемой дисциплины, определяет ее место в образовательной программе, обозначает междисциплинарные связи;
- уточняет наполнение лекций и планы практических (семинарских, лабораторных) занятий в соответствии с рабочей программой дисциплины, с учетом контингента и уровня подготовки студентов;
- рекомендует основную и дополнительную литературу для успешного освоения дисциплины;
- доводит до сведения студентов систему оценки знаний.

### **2. Рекомендации по подготовке и преподаванию дисциплины**

#### **2.1. Рекомендации по подготовке и проведению лекций:**

2.1.1. Цель лекции - организация целенаправленной познавательной деятельности студентов по овладению программным материалом учебной дисциплины. При этом лекционный материал рекомендуется постоянно актуализировать (вносить замечания, дополнения, пояснения и т.д.).

2.1.2. К типичным структурным элементам лекции относятся: вступление, основная часть, заключение. В начале лекции преподаватель называет тему лекции, основные вопросы, выносимые на лекцию, указывает основную и дополнительную литературу и главы и параграфы в ней, где изложен материал лекции. После каждого раздела делаются обобщающие выводы и даются указания по самостоятельной работе над материалом лекции.

2.1.3. Рекомендуется максимально использовать наглядные пособия и технические средства обучения. Для этого разрабатываются презентации. Каждый слайд должен содержать основные положения и сопровождаться дополнительными примерами и пояснениями преподавателя.

#### **2.2. Рекомендации по подготовке и проведению практических (семинарских) занятий:**

2.2.1. Цель практических (семинарских) занятий - предоставление возможностей для углубленного изучения теории, овладения практическими навыками и выработки самостоятельного творческого мышления у студентов. На каждом таком занятии обучающиеся решают практические задачи и демонстрируют результаты выполнения домашнего задания, выданного на предыдущем занятии.

2.2.2. Для максимального усвоения дисциплины рекомендуется выполнение расчетно-графических работ студентов по материалам лекций и практических работ. Подборка заданий осуществляется на основе изученного теоретического материала. Такой подход позволяет повысить мотивацию студентов при конспектировании лекционного материала.

#### **2.3. Рекомендации по организации руководства самостоятельной работой студентов**

2.3.1. Самостоятельная работа предполагает формирование и усвоение теоретического материала на базе изучения и систематизации материалов учебников, официальных государственных документов, законов, нормативно-справочных материалов с использованием информационно-поисковых систем, компьютерной сети Интернет.

2.3.2. В ходе руководства самостоятельной работой студентов преподаватель приобщает их к научному творчеству, поиску и решению актуальных современных проблем.

2.4. Рекомендации по осуществлению контроля знаний обучаемых

2.4.1. По дисциплине действует балльно-рейтинговая система, которая включает текущий контроль успеваемости и промежуточную аттестацию по итогам освоения дисциплины

2.4.2. По дисциплине предусмотрены следующие виды аттестации: текущий контроль, рубежный контроль и промежуточная аттестация.

2.4.3. Текущий контроль подразумевает проверку готовности студентов к лекционным, семинарским, лабораторным и практическим занятиям, могут быть использованы различные проверочные задания.

2.4.4. Прохождение контрольных рубежей по итогам освоения дисциплины проводится в середине и в конце семестра.

2.4.5. Этап промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины в целом подразумевает приём экзамена.

Автор(ы):

Рябева Елена Васильевна, к.ф.-м.н.