

ИНСТИТУТ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИХ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ  
КАФЕДРА ПРИКЛАДНОЙ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ

ОДОБРЕНО УМС ИФТИС

Протокол № 1

от 31.08.2021 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**  
**ОСНОВЫ МЕТРОЛОГИИ И АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЯ**

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, экс./зач./КР/КП
2	3	108	0	30	0		42	0	Э
Итого	3	108	0	30	0	0	42	0	

## АННОТАЦИЯ

Основными целями преподавания дисциплины является:

- получение студентами знаний по вопросам метрологического обеспечения разрабатываемых конструкций и приборов, расчета погрешностей и неопределенностей результатов измерений;
- изучение основных государственных и отраслевых нормативных документов, регулирующих область представления результатов измерений и расчета инструментальных погрешностей;
- овладение навыками применения пакета MathCad для расчета характеристик случайных величин, расчета погрешностей, неопределенностей, анализа и представления массивов экспериментальных данных.

### 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Основными целями преподавания дисциплины является:

- получение студентами знаний по вопросам метрологического обеспечения разрабатываемых конструкций и приборов, расчета погрешностей и неопределенностей результатов измерений;
- изучение основных государственных и отраслевых нормативных документов, регулирующих область представления результатов измерений и расчета инструментальных погрешностей;
- овладение навыками применения пакета MathCad для расчета характеристик случайных величин, расчета погрешностей, неопределенностей, анализа и представления массивов экспериментальных данных;
- выработать у выпускника навыки самостоятельного обучению и освоения новых профессиональных знаний и умений.

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

Для изучения дисциплины необходимы компетенции, сформированные у обучающихся в результате освоения физико-математических дисциплин. Дисциплина является предшествующей для успешного прохождения производственных практик и написания ВКР. Учебная дисциплина тесно переплетается с курсами по программированию, основами теории вероятности, компьютерному практикуму, а также с курсами по экспериментальной физике в той части, которая касается обработки результата эксперимента. Знания, получаемые в данной учебной дисциплине применимы при обработке результатов любой экспериментальной лабораторной работы с оборудованием.

### 3. ФОРМИРУЕМЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Универсальные и(или) общепрофессиональные компетенции:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения
--------------------------------	--

<p>УК-4 [1] – Способен применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном(ых) языке(ах), для академического и профессионального взаимодействия</p>	<p>компетенции  З-УК-4 [1] – Знать: правила и закономерности личной и деловой устной и письменной коммуникации; современные коммуникативные технологии на русском и иностранном языках; существующие профессиональные сообщества для профессионального взаимодействия  У-УК-4 [1] – Уметь: применять на практике коммуникативные технологии, методы и способы делового общения для академического и профессионального взаимодействия  В-УК-4 [1] – Владеть: методикой межличностного делового общения на русском и иностранном языках, с применением профессиональных языковых форм, средств и современных коммуникативных технологий</p>
--	---

Профессиональные компетенции в соответствии с задачами и объектами (областями знаний) профессиональной деятельности:

<b>Задача профессиональной деятельности (ЗПД)</b>	<b>Объект или область знания</b>	<b>Код и наименование профессиональной компетенции; Основание (профессиональный стандарт-ПС, анализ опыта)</b>	<b>Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции</b>
производственно-технологический			
<p>Решать инженерно-физические и экономические задачи с помощью пакетов прикладных программ</p>	<p>пакет прикладных программ для решения инженерно-физических и экономических задач</p>	<p>ПК-10 [1] - Способен решать инженерно-физические и экономические задачи с помощью пакетов прикладных программ   <i>Основание:</i>  Профессиональный стандарт: 29.004</p>	<p>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</p>
научно- исследовательский			
<p>Осуществлять разработку</p>	<p>алгоритмы передачи и получаемая</p>	<p>ПК-17.2 [1] - Способен разрабатывать</p>	<p>З-ПК-17.2[1] - Знать метрологию, методы</p>

алгоритмов передачи и анализа информации, получаемой от ядерно-физической, киберфизической и электрофизической аппаратуры	информация от ядерно-физической, киберфизической и электрофизической аппаратуры	алгоритмы передачи и анализа информации, получаемой от ядерно-физической, киберфизической и электрофизической аппаратуры  <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 24.078	моделирования и анализа результатов измерения. Знать современные пакеты программ для обработки информации.; У-ПК-17.2[1] - Уметь анализировать полученную информацию и правильно применять методы анализа.; В-ПК-17.2[1] - Владеть современными пакетами программ для моделирования, обработки и анализа информации
---	---	--	---

#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

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

№ п.п	Наименование раздела учебной дисциплины	Недели	Лекции/ Практи. (семинары )/ Лабораторные работы, час.	Обязат. текущий контроль (форма*, неделя)	Максимальный балл за раздел**	Аттестация раздела (форма*, неделя)	Индикаторы освоения компетенции
	<i>2 Семестр</i>						
1	Первый раздел	1-8	0/16/0		25	РГЗ-8	3-ПК-10, У-ПК-10, 3-ПК-17.2, 3-УК-4
2	Второй раздел	9-15	0/14/0		25	РГЗ-15	У-ПК-10, 3-ПК-17.2, У-ПК-17.2, 3-УК-4

	<i>Итого за 2 Семестр</i>		0/30/0		50		
	<b>Контрольные мероприятия за 2 Семестр</b>				50	Э	3-ПК-10, У-ПК-10, В-ПК-10, 3-ПК-17.2, У-ПК-17.2, В-ПК-17.2, 3-УК-4, У-УК-4, В-УК-4

\* – 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:

<b>Обозначение</b>	<b>Полное наименование</b>
РГЗ	Расчетно-графическое задание
Э	Экзамен

### КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

<b>Недели</b>	<b>Темы занятий / Содержание</b>	<b>Лек., час.</b>	<b>Пр./сем., час.</b>	<b>Лаб., час.</b>
	<i>2 Семестр</i>	0	30	0
<b>1-8</b>	<b>Первый раздел</b>	0	16	0
1 - 2	<b>Основные метрологические понятия и термины</b> Физические величины и системы единиц физических величин. Размерность и шкалы физических величин. Эталоны единиц физических величин. Рабочие эталоны. Поверочные схемы. Методы и методики измерений. Средства измерений. Метрологические характеристики средств измерений. Классы точности средств измерений. Основы технического регулирования. Технический регламент, порядок разработки, принятия, изменения. Основы стандартизации. Цели и принципы	Всего аудиторных часов		
		0	4	0
		Онлайн		
		0	0	0

	стандартизации. Национальная и международная системы стандартизации. Виды документов по стандартизации. правила и порядок проведения сертификации. Аккредитация органов сертификации и испытательных лабораторий (метрологических центров). Методы получения случайной равномерно распределенной случайной величины. Методы моделирования случайной величины с заданным законом распределения			
3 - 4	<b>Статический подход к описанию погрешностей и неопределенности средств и результатов измерений</b> Виды погрешностей: инструментальная и случайная погрешности. Вероятностная природа погрешности. Использование аппарата теории вероятности для расчета погрешностей. Числовые характеристики случайных величин. Вероятность. Функция распределения вероятности и функция плотности вероятности. Математическое ожидание случайной величины. Дисперсия случайной величины. Выборочная дисперсия выборки объема	Всего аудиторных часов		
		0	4	0
		Онлайн		
		0	0	0
5 - 6	<b>Распределения случайных величин</b> Распределение Пуассона. Нормальное распределение. Стандартное нормальное распределение. Интеграл Лапласа. Центральная предельная теорема. Распределение $\chi^2$ -квадрат. Распределение Стьюдента. Примеры применения распределений. Композиция и преобразования распределений случайных величин.	Всего аудиторных часов		
		0	4	0
		Онлайн		
		0	0	0
7 - 8	<b>Описательная статистика</b> Выборочные функции плотности вероятности и функции распределения. Гистограммы. Диаграммы.	Всего аудиторных часов		
		0	4	0
		Онлайн		
		0	0	0
<b>9-15</b>	<b>Второй раздел</b>	0	14	0
9 - 10	<b>Оценка параметров доверительными интервалами. Случайные и инструментальные погрешности</b> Методы расчета случайной погрешности прямых многократных и косвенных результатов измерений. Методы оценки инструментальной погрешности..	Всего аудиторных часов		
		0	4	0
		Онлайн		
		0	0	0
11 - 12	<b>Суммарные погрешности. Погрешности косвенных измерений</b> Методы расчетного суммирования составляющих результирующей погрешности. Оценка погрешности средств измерений	Всего аудиторных часов		
		0	4	0
		Онлайн		
		0	0	0
13 - 15	<b>Понятие неопределенности результата измерения</b> Оценка неопределенности. Представление бюджета неопределенности.	Всего аудиторных часов		
		0	6	0
		Онлайн		
		0	0	0

Сокращенные наименования онлайн опций:

<b>Обозначение</b>	<b>Полное наименование</b>
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 ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

Недели	Темы занятий / Содержание
	<i>2 Семестр</i>
1 - 4	<b>Понятие погрешности</b> Погрешности: инструментальные, статистические
5 - 6	<b>Распределения случайных величин</b> Распределение Пуассона, нормальное, равномерное, хи-квадрат, Стьюдента, Фишера
7 - 8	<b>Доверительные интервалы</b> Задание погрешности доверительными интервалами. Проверки статистических гипотез о значении параметров
9	<b>Обработка прямых многократных измерений</b> Проверка на промахи. Объединение погрешностей.
10 - 11	<b>Проверка гипотез о виде закона распределения</b> Критерий хи-квадрат и Колмогорова
12 - 14	<b>Метод наименьших квадратов</b> Линейный МНК. Нелинейный МНК
15	<b>Пригодность модели зависимости</b> Коэффициент детерминации. Коэффициент корреляции

## 5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Практические задания с применением компьютерных технологий

## 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, РГЗ-8
	У-ПК-10	Э, РГЗ-8, РГЗ-15
	В-ПК-10	Э
ПК-17.2	З-ПК-17.2	Э, РГЗ-8, РГЗ-15
	У-ПК-17.2	Э, РГЗ-15
	В-ПК-17.2	Э

УК-4	З-УК-4	Э, РГЗ-8, РГЗ-15
	У-УК-4	Э
	В-УК-4	Э

### Шкалы оценки образовательных достижений

Шкала каждого контрольного мероприятия лежит в пределах от 0 до установленного максимального балла включительно. Итоговая аттестация по дисциплине оценивается по 100-балльной шкале и представляет собой сумму баллов, заработанных студентом при выполнении заданий в рамках текущего и промежуточного контроля.

Итоговая оценка выставляется в соответствии со следующей шкалой:

Сумма баллов	Оценка по 4-ех балльной шкале	Оценка ECTS	Требования к уровню освоению учебной дисциплины
90-100	5 – <i>«отлично»</i>	A	Оценка «отлично» выставляется студенту, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, использует в ответе материал монографической литературы.
85-89	4 – <i>«хорошо»</i>	B	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твёрдо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос.
75-84		C	
70-74		D	
65-69	3 – <i>«удовлетворительно»</i>	E	Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала.
60-64			
Ниже 60	2 – <i>«неудовлетворительно»</i>	F	Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.

## 7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ



## ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. ЭИ G71 Measurement Uncertainties in Science and Technology : , Cham: Springer International Publishing, 2014
2. ЭИ L80 Statistical Methods for Data Analysis in Particle Physics : , Cham: Springer International Publishing, 2016
3. ЭИ К 55 Прикладная математическая статистика. Для инженеров и научных работников : учебное пособие, Москва: Физматлит, 2012
4. ЭИ Р 98 Статистические методы обработки результатов измерений (с примерами в среде Mathcad) : Учебное пособие, Москва: Буки Веди, 2019

## ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

### 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**

### 1. Общие положения

1.1. Цель методических рекомендаций - обеспечить студенту оптимальную организацию процесса изучения дисциплины, а также выполнения различных форм самостоятельной работы.

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

1.3. 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.

1.4. 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. Рекомендации по подготовке к практическим занятиям.

2.1. 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.

2.2. При подготовке к практическим занятиям следует проработать теоретический материал по рекомендованным литературным источникам, относящийся к данному практическому занятию.

2.3. 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.

### 3. Самостоятельная работа обучающихся

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.

3.2. Качество освоения учебной дисциплины находится в прямой зависимости от способности студента самостоятельно и творчески учиться.

3.3. 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.

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

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

4.2. 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 и самостоятельную подготовку к нему. При подготовке к промежуточной аттестации необходимо по рекомендованным литературным источникам проработать и внимательно изучить теоретический материал, соответствующий вопросам, выносимым на аттестацию.

## 10. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ

### 1. Общие положения

1.1. При реализации программы дисциплины используются образовательные технологии в форме практических занятий 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 планы практических (семинарских) 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 практических (семинарских) занятий:

2.1.1. 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.

2.1.2. Для максимального усвоения дисциплины рекомендуется выполнение расчетно-графических работ студентов по материалам практических работ. Подборка заданий осуществляется на основе изученного теоретического материала.

### 2.2. Рекомендации по организации руководства самостоятельной работой студентов

2.2.1. 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.

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

### 2.3. Рекомендации по осуществлению контроля знаний обучаемых

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

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

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

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

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

Автор(ы):

Рябева Елена Васильевна, к.ф.-м.н.