

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 ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ (BASIC METROLOGY AND MEASUREMENT ERRORS)

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
1	2	72	16	32	0	24	0	3
Итого	2	72	16	32	0	24	0	

АННОТАЦИЯ

Основными целями изучения 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 обучения и освоения новых профессиональных знаний и умений.

2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Для изучения дисциплины необходимы знания, 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 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			
Выполнение экспериментальных и теоретических исследований для решения научных и производственных задач	Атомное ядро, ядерные реакторы, материалы ядерных реакторов, ядерные материалы и системы обеспечения их безопасности, современная электронная схемотехника, электронные системы ядерных и физических установок, системы автоматизированного управления ядерно-физическими установками, разработка и технологии применения приборов и установок для анализа веществ, радиационное воздействие ионизирующих излучений на человека и окружающую среду, электронные и электрофизические приборы, микропроцессорная техника и аппаратно-программные устройства, электромеханические приборы.	ПК-4 [1] - Способен самостоятельно выполнять экспериментальные и теоретические исследования для решения научных и производственных задач <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 24.078, Анализ опыта: Выполнение экспериментальных и теоретических исследований для решения научных и производственных задач	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 исследований для решения научных и производственных задач
производственно-технологический			
Решение инженерно-	Атомное ядро,	ПК-10 [1] - Способен	З-ПК-10[1] - Знать

физических и экономических задач с помощью пакетов прикладных программ	ядерные реакторы, материалы ядерных реакторов, ядерные материалы и системы обеспечения их безопасности, современная электронная схемотехника, электронные системы ядерных и физических установок, системы автоматизированного управления ядерно-физическими установками, разработка и технологии применения приборов и установок для анализа веществ, радиационное воздействие ионизирующих излучений на человека и окружающую среду, электронные и электрофизические приборы, микропроцессорная техника и аппаратно-программные устройства, электромеханические приборы.	решать инженерно-физические и экономические задачи с помощью пакетов прикладных программ <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 24.078, Анализ опыта: Решение инженерно-физических и экономических задач с помощью пакетов прикладных программ	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
--	---	--	--

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
<i>1 Семестр</i>							
1	Первый раздел	1-8	8/16/0		25	Т-8	3-ПК-4, У-ПК-4,

							3-ПК-10
2	Второй раздел	9-16	8/16/0		25	Т-16	3-ПК-4, У-ПК-4, 3-ПК-10, У-ПК-10
	<i>Итого за 1 Семестр</i>		16/32/0		50		
	Контрольные мероприятия за 1 Семестр				50	3	3-ПК-4, У-ПК-4, В-ПК-4, 3-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
З	Зачет

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Недели	Темы занятий / Содержание	Лек., час.	Пр./сем., час.	Лаб., час.
	<i>1 Семестр</i>	16	32	0
1-8	Первый раздел	8	16	0
1 - 2	Основные метрологические понятия и термины 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.	Всего аудиторных часов		
		0	8	0
		Онлайн		
		0	0	0

	<p>Основы технического регулирования. Технический регламент, порядок разработки, принятия, изменения.</p> <p>Основы стандартизации. Цели и принципы стандартизации. Национальная и международная системы стандартизации. Виды документов по стандартизации. правила и порядок проведения сертификации.</p> <p>Аккредитация органов сертификации и испытательных лабораторий (метрологических центров). Методы получения случайной равномерно распределенной случайной величины. Методы моделирования случайной величины с заданным законом распределения</p>			
3 - 4	<p>Статический подход к описанию погрешностей и неопределенности средств и результатов измерений</p> <p>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</p>	Всего аудиторных часов		
		0	4	0
		Онлайн		
		0	0	0
5 - 6	<p>Распределения случайных величин</p> <p>Распределение Пуассона. Нормальное распределение. Стандартное нормальное распределение. Интеграл Лапласа. Центральная предельная теорема. Распределение χ^2-квадрат. Распределение Стьюдента. Примеры применения распределений. Композиция и преобразования распределений случайных величин.</p>	Всего аудиторных часов		
		4	4	0
		Онлайн		
		0	0	0
7 - 8	<p>Описательная статистика</p> <p>Выборочные функции плотности вероятности и функции распределения. Гистограммы. Диаграммы.</p>	Всего аудиторных часов		
		4	0	0
		Онлайн		
		0	0	0
9-16	Второй раздел	8	16	0
9 - 10	<p>Оценка параметров доверительными интервалами. Случайные и инструментальные погрешности</p> <p>Методы расчета случайной погрешности прямых многого кратных и косвенных результатов измерений. Методы оценки инструментальной погрешности..</p>	Всего аудиторных часов		
		0	4	0
		Онлайн		
		0	0	0
11 - 12	<p>Суммарные погрешности. Погрешности косвенных измерений</p> <p>Методы расчетного суммирования составляющих результирующей погрешности. Оценка погрешности средств измерений</p>	Всего аудиторных часов		
		4	4	0
		Онлайн		
		0	0	0
13 - 16	<p>Понятие неопределенности результата измерения</p> <p>Оценка неопределенности. Представление бюджета неопределенности.</p>	Всего аудиторных часов		
		4	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

ТЕМЫ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

Недели	Темы занятий / Содержание
	<i>1 Семестр</i>
1 - 2	<p>Основные метрологические понятия и термины 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 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</p>
3 - 4	<p>Статистический подход к описанию погрешностей и неопределенности средств и результатов измерений 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</p>
5 - 6	<p>Распределения случайных величин Распределение Пуассона. Нормальное распределение. Стандартное нормальное распределение. Интеграл Лапласа. Центральная предельная теорема. Распределение χ^2-квадрат. Распределение Стьюдента. Примеры применения распределений. Композиция и преобразования распределений случайных величин.</p>

9 - 10	Оценка параметров доверительными интервалами. Случайные и инструментальные погрешности Методы расчета случайной погрешности прямых многократных и косвенных результатов измерений. Методы оценки инструментальной погрешности.
11 - 12	Суммарные погрешности. Погрешности косвенных измерений Методы расчетного суммирования составляющих результирующей погрешности. Оценка погрешности средств измерений
13 - 16	Понятие неопределенности результата измерения Оценка неопределенности. Представление бюджета неопределенности.

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Лекции и практические задания в компьютерном классе.

В основе преподавания дисциплины лежат традиционные образовательные технологии, которые показали себя достаточно эффективными средствами формирования и развития профессиональных навыков студентов.

Лекционный материал данного курса представлен в среде Microsoft PowerPoint. Презентации лекций содержат цветные иллюстрации для лучшего усвоения материала.

Принятый подход предполагает активное использование современных информационных технологий при самостоятельной работе студентов и выполнении домашних заданий. Также предполагается использование средств компьютерной симуляции и математической обработки результатов.

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	З, Т-8, Т-16
	У-ПК-10	З, Т-16
	В-ПК-10	З
ПК-4	З-ПК-4	З, Т-8, Т-16
	У-ПК-4	З, Т-8, Т-16
	В-ПК-4	З

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.

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 Т 76 Математическая статистика : учебное пособие для вузов, Москва: Юрайт, 2021

4. ЭИ К 55 Прикладная математическая статистика. Для инженеров и научных работников : учебное пособие, Москва: Физматлит, 2012

5. ЭИ Р 98 Статистические методы обработки результатов измерений (с примерами в среде Mathcad) : Учебное пособие, Москва: Буки Веди, 2019

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. ЭИ Ч-93 Введение в многомерные статистические методы : , Санкт-Петербург: Лань, 2022

2. 519 Т 76 Математическая статистика : учеб. пособие для вузов, Москва: Юрайт, 2019

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. 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. 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.

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

2.3. 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 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 зачета и самостоятельную подготовку к нему. При подготовке к промежуточной аттестации необходимо по рекомендованным литературным источникам проработать теоретический материал и внимательно изучить материал лекций, 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 лекций, 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 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 письменный опрос (решение задач) 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 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 зачета и самостоятельную подготовку к нему.

Автор(ы):

Рябева Елена Васильевна, к.ф.-м.н.