

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 ФИЗИКИ ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ЧАСТИЦ

ОДОБРЕНО УМС ИЯФИТ

Протокол № 01/08/24-573.1

от 30.08.2024 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

ПРАКТИКУМ ПО МЕТОДАМ ОБРАБОТКИ РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ

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	32	16	0		24	0	30
Итого	2	72	32	16	0	0	24	0	

АННОТАЦИЯ

Целями освоения учебной дисциплины является приобретение новых знаний в области компьютерных информационных технологий, знакомство с современными методами обработки экспериментальных данных. Основное внимание уделено решению расчетных задач и освоению методов математического моделирования. Курс призван обеспечить необходимую общую подготовку студентов, желающих специализироваться в области моделирования и обработки данных в физике элементарных частиц.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Целями освоения учебной дисциплины является приобретение новых знаний в области компьютерных информационных технологий, знакомство с современными методами обработки экспериментальных данных. Основное внимание уделено решению расчетных задач и освоению методов математического моделирования. Курс призван обеспечить необходимую общую подготовку студентов, желающих специализироваться в области моделирования и обработки данных в физике элементарных частиц.

2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Курс является одним из ключевых среди дисциплин по информационным технологиям и служит для обеспечения подготовки студентов, желающих специализироваться в области моделирования и обработки данных в физике элементарных частиц. Практические занятия проводятся в компьютерном классе на машинах с установленной ОС Linux или Windows и программным пакетом по визуализации и анализу данных ROOT. Полученные знания также будут полезными при работе в рамках НИРС и при работе над дипломом, если тема выбранных работ связана с моделированием и обработкой данных экспериментов по физике элементарных частиц на ускорителях.

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			

разработка методов регистрации элементарных частиц, измерения количественных характеристик, проверки закономерностей; описание взаимодействия элементарных частиц с веществом, откликов детекторов элементарных частиц; проведение кинетического анализа процесса, статистического анализа данных; создание математических моделей, описывающих процессы в физике частиц, в ранней Вселенной, космосе; разработка теоретических моделей прохождения излучения через вещество, воздействия ионизирующего, лазерного и электромагнитного излучений на человека и объекты окружающей среды, новых методов в лучевой диагностике и терапии; разработка новых подходов в детектировании излучений, теоретического решения фундаментальных проблем физики частиц и космологии.	Исследовательская работа в области физики элементарных частиц и космологии	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
производственно-технологический			
разработка способов проведения	Исследовательская работа в области	ПК-9 [1] - Способен эксплуатировать,	З-ПК-9[1] - Знать регламент

экспериментов по физике высоких энергий, физики нейтрино, по поиску скрытой массы Вселенной; разработка методов регистрации элементарных частиц, основываясь на различных видах процессов взаимодействия элементарных частиц с веществом, используя различные материалы, электронные системы; продумывание полного технологического процесса создания детекторов элементарных частиц, адаптация его к прикладным задачам (медицинская физика, мониторинг атомных станций и др.).	физики элементарных частиц и космологии	проводить испытания и ремонт современных физических установок, выполнять технико-экономические расчеты <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011	эксплуатации и ремонта современных физических установок ; У-ПК-9[1] - Уметь эксплуатировать, проводить испытания и ремонт современных физических установок; В-ПК-9[1] - Владеть навыками эксплуатации, проведения испытаний и ремонта современных физических установок
разработка способов проведения экспериментов по физике высоких энергий, физики нейтрино, по поиску скрытой массы Вселенной; разработка методов регистрации элементарных частиц, основываясь на различных видах процессов взаимодействия элементарных частиц с веществом, используя различные материалы, электронные системы; продумывание	Исследовательская работа в области физики элементарных частиц и космологии	ПК-10 [1] - Способен решать инженерно-физические и экономические задачи с помощью пакетов прикладных программ <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011	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

полного технологического процесса создания детекторов элементарных частиц, адаптация его к прикладным задачам (медицинская физика, мониторинг атомных станций и др.).			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/ Практи. (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	Часть 1	1-8	16/8/0		25	СК-8	З-ПК-4, У-ПК-4, В-ПК-4, З-ПК-9, У-ПК-9, В-ПК-9, З-ПК-10, У-ПК-10, В-ПК-10
2	Часть 2	9-15	16/8/0		25	КИ-15	З-ПК-4, У-ПК-4, В-ПК-4, З-ПК-9, У-ПК-9, В-ПК-9, З-ПК-10, У-ПК-10, В-ПК-10
	<i>Итого за 1 Семестр</i>		32/16/0		50		
	Контрольные мероприятия за 1 Семестр				50	30	З-ПК-4, У-ПК-4, В-ПК-4, З-ПК-9, У-ПК-9, В-ПК-9, З-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
ЗО	Зачет с оценкой
СК	Семестровый контроль
КИ	Контроль по итогам
З	Зачет

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Недели	Темы занятий / Содержание	Лек., час.	Пр./сем., час.	Лаб., час.
	<i>1 Семестр</i>	32	16	0
1-8	Часть 1	16	8	0
1 - 8	Введение в обработку результатов измерений Аппроксимация экспериментальных данных теоретическими функциями. Метод максимального правдоподобия и метод наименьших квадратов. Практическая задача по созданию программы аппроксимации данных по методу наименьших квадратов для случая линейной и квадратичной теоретической функции.	Всего аудиторных часов		
		16	8	0
		Онлайн		
		0	0	0
9-15	Часть 2	16	8	0
9 - 16	Понятие о математическом моделировании и статистическом анализе результатов измерений Математическое моделирование физических процессов и экспериментов на компьютерах. Метод Монте-Карло и его применение в физике элементарных частиц. Практическое задание по моделированию методом Монте-Карло распада релятивистского нейтрального пи-мезона. Создание и отладка программ моделирования и анализа модельных данных.	Всего аудиторных часов		
		16	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 ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

Недели	Темы занятий / Содержание
	<i>1 Семестр</i>
1 - 5	Аппроксимация результатов измерений методом наименьших квадратов Создание и отладка программ аппроксимации данных по методу наименьших квадратов для случая линейной и квадратичной теоретической функции.
6 - 7	Математическое моделирование методом Монте-Карло Практическое задание по разработке математической модели распада релятивистского нейтрального пиона. Создание и отладка программы. Изучение полученных угловых и энергетических распределений вторичных частиц от распада пиона.
8 - 10	Статистический анализ данных Практическая задача по обработке модельных данных: восстановление массы родительской частицы по измеряемым в эксперименте параметрам вторичных частиц. Оценка точности вычислений. Влияние точности экспериментальных данных на точность конечного результата. Аппроксимация экспериментальных распределений теоретическими функциями с помощью библиотечных процедур фитирования.

ТЕМЫ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

Недели	Темы занятий / Содержание
	<i>1 Семестр</i>
1 - 4	Аппроксимация результатов измерений методом наименьших квадратов Создание и отладка программ аппроксимации данных по методу наименьших квадратов для случая линейной и квадратичной теоретической функции.
5 - 8	Математическое моделирование методом Монте-Карло Практическое задание по разработке математической модели распада релятивистского нейтрального пиона. Создание и отладка программы. Изучение полученных угловых и энергетических распределений вторичных частиц от распада пиона.
9 - 16	Статистический анализ данных Практическая задача по обработке модельных данных: восстановление массы родительской частицы по измеряемым в эксперименте параметрам вторичных частиц. Оценка точности вычислений. Влияние точности экспериментальных данных на точность конечного результата. Аппроксимация экспериментальных распределений теоретическими функциями с помощью библиотечных процедур фитирования.

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Занятия проводятся в компьютерном классе. В начале занятия каждый из студентов садится за компьютер и входит в систему под управлением ОС Linux или Windows со своим именем пользователя и паролем, которые выдаются на первом занятии, и по сети соединяются с рабочим сервером. При изучении разделов данного курса полезно, чтобы студенты за своими компьютерами в интерактивном режиме выполняли практические примеры – для лучшего запоминания, изучения целей и вариантов использования алгоритмов и методов, а также для ознакомления с возможными проблемами использования и способами разрешения этих проблем. Интерактивность между лектором и студентами поддерживается также в виде взаимных вопросов. В конце занятия студентам задается тестовое и/или практическое задание по теме прошедшей лекции.

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	ЗО, СК-8, КИ-15
	У-ПК-10	ЗО, СК-8, КИ-15
	В-ПК-10	ЗО, СК-8, КИ-15
ПК-4	З-ПК-4	ЗО, СК-8, КИ-15
	У-ПК-4	ЗО, СК-8, КИ-15
	В-ПК-4	ЗО, СК-8, КИ-15
ПК-9	З-ПК-9	ЗО, СК-8, КИ-15
	У-ПК-9	ЗО, СК-8, КИ-15
	В-ПК-9	ЗО, СК-8, КИ-15

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 –	F	Оценка «неудовлетворительно»

	«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 В55 A Course in Mathematical Statistics and Large Sample Theory : , Lin, Lizhen. , Bhattacharya, Rabi. , Patrangenu, Victor. , New York, NY: Springer New York, 2016
2. ЭИ Н75 Introduction to Scientific Computing and Data Analysis : , Holmes, Mark H. , Cham: Springer International Publishing, 2016
3. ЭИ М82 Monte Carlo and Quasi-Monte Carlo Methods : MCQMC, Leuven, Belgium, April 2014, , Cham: Springer International Publishing, 2016
4. ЭИ Л75 Programming for Computations - MATLAB/Octave : A Gentle Introduction to Numerical Simulations with MATLAB/Octave, Linge, Svein. , Langtangen, Hans Petter. , Cham: Springer International Publishing, 2016
5. ЭИ Л80 Statistical Methods for Data Analysis in Particle Physics : , Lista, Luca. , Cham: Springer International Publishing, 2016
6. ЭИ Н61 Анализ данных : учебное пособие для вузов, Румянцев В.П., Низаметдинов Ш.У., Москва: НИЯУ МИФИ, 2012
7. ЭИ П 60 Компьютерное моделирование физических процессов в пакете MATLAB : , Поршнев С. В., Санкт-Петербург: Лань, 2022
8. ЭИ С12 Метод Монте-Карло : учебное пособие для вузов, Савёлова Т.И., Москва: НИЯУ МИФИ, 2011
9. 519 К85 Метрический анализ и обработка данных : учебное пособие, Крянев А.В., Лукин Г.В., Москва: Физматлит, 2012
10. ЭИ К 31 Численные методы квантовой статистики : учебное пособие, Красавин А. В., Кашурников В. А., Москва: Физматлит, 2010

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. ЭИ В57 Big Data Analysis: New Algorithms for a New Society : , , Cham: Springer International Publishing, 2016

2. 004 Т46 Введение в LINUX : учебное пособие для вузов, Тихомиров В.О., Москва: МИФИ, 2007

3. ЭИ Т46 Введение в LINUX : учебное пособие для вузов, Тихомиров В.О., Москва: МИФИ, 2007

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

1. ROOT (<https://root.cern.ch/drupal/content/downloading-root>)

2. C++ ()

LMS И ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ:

<https://online.mephi.ru/>

<http://library.mephi.ru/>

8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

1. Компьютерная аудитория ()

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ СТУДЕНТОВ

Лекции читаются в аудиториях с компьютеров, с соответствующим программным обеспечением (Scientific Linux CERN, C++, ROOT). Несмотря на то, что материалы всех лекций доступны в электронном виде на сайте кафедры (<https://indico.particle.mephi.ru/category/6/>), важно присутствовать на каждой лекции и вести конспект. Рекомендуется записывать важные моменты, отмечаемые лектором словами, даже если таковые показались очевидными. На протяжении каждой лекции преподаватель может задавать вопросы. Кроме того, во второй половине каждого занятия студентам дается практическое задание по теме прослушанной лекции, которое желательно выполнить и сдать до окончания занятия. Их выполнение является обязательным в рамках изучения курса в данном семестре. Активность студента в виде своевременного выполнения практических заданий, а также в виде интересных вопросов преподавателю будет учитываться при сдаче зачета.

10. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ

Для лучшего усвоения материала студентами каждую лекцию следует начинать с напоминания предыдущей лекции (можно в виде вопросов) и пояснения ее связи с предстоящей. Также завершать лекцию следует подведением ее краткого итога с указанием темы следующей лекции и ее связи с прошедшей.

На протяжении лекции полезно поддерживать интерактивность между лектором и студентами в виде вопросов в аудиторию. Важно задавать вопросы на знание материала из прошедших лекций или других курсов по мере обращения к нему или, по крайней мере, проговаривать их связь. Этим самым студенты могут почувствовать связь между различными навыками и их востребованность. Также важно постоянно задавать вопросы, озадачивающие

студентов поднимаемой проблемой в рамках обсуждаемой темы (даже если она совсем частного характера), стимулируя внимание и творческое участие студента в ходе рассуждений лектора.

Важно разъяснять происхождение вводимых терминов.

Во второй половине каждого занятия студентам дается практическое задание по теме прослушанной лекции, которое желательно выполнить и сдать до окончания занятия. Их выполнение является обязательным в рамках изучения курса в данном семестре. Активность студента в виде своевременного выполнения практических заданий, а также в виде интересных вопросов преподавателю учитывается при сдаче зачета.

Автор(ы):

Смирнов Сергей Юрьевич