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 № 01/423-573.1

от 20.04.2023 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

МЕТОДЫ ОБРАБОТКИ РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ

Направление подготовки (специальность) [1] 14.03.02 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**
8	2	72	10	0	30		32	0	З
Итого	2	72	10	0	30	15	32	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
УК-1 [1] – Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	З-УК-1 [1] – Знать: методики сбора и обработки информации; актуальные российские и зарубежные источники информации в сфере профессиональной деятельности; метод системного анализа У-УК-1 [1] – Уметь: применять методики поиска, сбора и обработки информации; осуществлять критический анализ и синтез информации, полученной из разных источников В-УК-1 [1] – Владеть: методами поиска, сбора и обработки, критического анализа и синтеза информации; методикой системного подхода для решения поставленных задач

Профессиональные компетенции в соотвествии 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			
Получение новых знаний в области физики элементарных частиц и космологии, описание явлений в данной области. Участие в решении задач по физике элементарных частиц и космологии.	Элементарные частицы, детекторы элементарных частиц, ускорители элементарных частиц (Большой Адронный Коллайдер и др.), нейтрино, экзотические ядра, кварк-глюонная материя, скрытая масса и темная энергия, гравитация с многомерными обобщениями, и космология.	ПК-1 [1] - Способен использовать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт по тематике исследования, современные компьютерные технологии и информационные ресурсы в своей предметной области *Основание:* Профессиональный стандарт: 40.011	З-ПК-1[1] - знать отечественный и зарубежный опыт по тематике исследования, современные компьютерные технологии и информационные ресурсы в своей предметной области, ; У-ПК-1[1] - уметь использовать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт по тематике исследования, современные компьютерные технологии и информационные ресурсы в своей предметной области; В-ПК-1[1] - владеть современными компьютерными технологиями и методами использования информационных ресурсов в своей предметной области
Получение новых знаний в области физики элементарных частиц и космологии, описание явлений в данной области.	Элементарные частицы, детекторы элементарных частиц, ускорители элементарных частиц (Большой Адронный	ПК-2 [1] - Способен проводить математическое моделирование процессов и объектов на базе стандартных пакетов	З-ПК-2[1] - знать методы математического моделирования процессов и объектов на базе стандартных пакетов

Участие в решении задач по физике элементарных частиц и космологии.	Коллайдер и др.), нейтрино, экзотические ядра, кварк-глюонная материя, скрытая масса и темная энергия, гравитация с многомерными обобщениями, и космология.	автоматизированного проектирования и исследований *Основание:* Профессиональный стандарт: 40.011	автоматизированного проектирования и исследований; ; У-ПК-2[1] - уметь использовать методы математического моделирования процессов и объектов на базе стандартных пакетов автоматизированного проектирования и исследований;; В-ПК-2[1] - владеть навыками математического моделирования процессов и объектов на базе стандартных пакетов автоматизированного проектирования и исследований;
Получение новых знаний в области физики элементарных частиц и космологии, описание явлений в данной области. Участие в решении задач по физике элементарных частиц и космологии.	Элементарные частицы, детекторы элементарных частиц, ускорители элементарных частиц (Большой Адронный Коллайдер и др.), нейтрино, экзотические ядра, кварк-глюонная материя, скрытая масса и темная энергия, гравитация с многомерными обобщениями, и космология.	ПК-3 [1] - Способен проводить физические эксперименты по заданной методике, составлять описания проводимых исследований, отчетов, анализу результатов и подготовке научных публикаций *Основание:* Профессиональный стандарт: 40.011	З-ПК-3[1] - знать основные физические законы и методы обработки данных ; У-ПК-3[1] - уметь работать по заданной методике, составлять описания проводимых исследований и отчеты, подготавливать материалы для научных публикаций; В-ПК-3[1] - владеть навыками проведения физических экспериментов по заданной методике, основами компьютерных и информационных технологий, научной терминологией
проектный			
Участие в формировании целей проекта, решения задач, критериев и показателей	Ускорители заряженных частиц и детекторы элементарных частиц	ПК-4 [1] - Способен к расчету и проектированию элементов систем в соответствии с	З-ПК-4[1] - знать типовые методики планирования и проектирования систем ;

достижения целей, в построении структуры их взаимосвязей, выявлении приоритетов решения задач с учетом аспектов деятельности;		техническим заданием, требованиями безопасности и принципами CDIO *Основание:* Профессиональный стандарт: 40.011	У-ПК-4[1] - уметь использовать стандартные средства автоматизации проектирования;; В-ПК-4[1] - владеть методами расчета и проектирования деталей и узлов приборов и установок в соответствии с техническим заданием , требованиями безопасности и принципами CDIO
производственно-технологический			
участие в разработке способов проведения экспериментов по физике элементарных частиц; разработка методов регистрации элементарных частиц, основываясь на различных видах процессов взаимодействия элементарных частиц с веществом.	Разработка и совершенствование современных ускорительно-накопительных комплексов.	ПК-6 [1] - Способен к контролю соблюдения технологической дисциплины и обслуживания оборудования *Основание:* Профессиональный стандарт: 40.011	З-ПК-6[1] - знать технические характеристики и принципы безопасного обслуживания технологического оборудования ; У-ПК-6[1] - уметь контролировать соблюдение технологической дисциплины и обслуживание оборудования; В-ПК-6[1] - владеть методами контроля, проверок и испытаний систем и навыками выявления неисправностей в работе оборудования
организационно-управленческий			
Участие в организации работы научной группы.	Работа в научной группе, отчеты и научные статьи.	ПК-11.1 [1] - Способен участвовать в научных исследованиях в области физики элементарных частиц и космологии, определять необходимые средства и к их использованию для решения поставленных задач *Основание:* Профессиональный	З-ПК-11.1[1] - Знать физику элементарных частиц и основные средства и методы исследования в данной области.; У-ПК-11.1[1] - Уметь использовать методы детектирования элементарных частиц и излучений и программные средства при решении задач в соответствующей

		стандарт: 40.011	области.; В-ПК-11.1[1] - Владеть методами исследования в области физики элементарных частиц.

4. ВОСПИТАТЕЛЬНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ДИСЦИПЛИНЫ

Направления/цели воспитания	Задачи воспитания (код)	Воспитательный потенциал дисциплин

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
	8 Семестр						
1	Часть 1	1-5	5/0/15		25	СК-8	З-ПК-1, У-ПК-1, В-ПК-1, З-ПК-2, У-ПК-2, В-ПК-2, З-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3, З-ПК-4, У-ПК-4, В-ПК-4,

							З-ПК-6, У-ПК-6, В-ПК-6, З-ПК-11.1, У-ПК-11.1, В-ПК-11.1, З-УК-1, У-УК-1, В-УК-1
2	Часть 2	6-10	5/0/15		25	КИ-12	З-ПК-1, У-ПК-1, В-ПК-1, З-ПК-2, У-ПК-2, В-ПК-2, З-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3, З-ПК-4, У-ПК-4, В-ПК-4, З-ПК-6, У-ПК-6, В-ПК-6, З-ПК-11.1,

							У-ПК-11.1, В-ПК-11.1, З-УК-1, У-УК-1, В-УК-1
	Итого за 8 Семестр		10/0/30		50		
	Контрольные мероприятия за 8 Семестр				50	З	З-ПК-1, У-ПК-1, В-ПК-1, З-ПК-11.1, У-ПК-11.1, В-ПК-11.1, З-ПК-2, У-ПК-2, В-ПК-2, З-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3, З-ПК-4, У-ПК-4, В-ПК-4, З-ПК-6, У-ПК-6, В-ПК-6, З-УК-

							1, У-УК-1, В-УК-1

* – 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**
СК	Семестровый контроль
КИ	Контроль по итогам
З	Зачет

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Недели	**Темы занятий / Содержание**	**Лек., час.**	**Пр./сем., час.**	**Лаб., час.**
	8 Семестр	10	0	30
1-5	**Часть 1**	5	0	15
1 - 5	**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		
		5	0	15
		Онлайн		
		0	0	0
6-10	**Часть 2**	5	0	15
5 - 10	**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		
		5	0	15
		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**
	8 Семестр
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.

6. 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.

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-1	З-ПК-1	З, СК-8, КИ-12
	У-ПК-1	З, СК-8, КИ-12
	В-ПК-1	З, СК-8, КИ-12
ПК-11.1	З-ПК-11.1	З, СК-8, КИ-12
	У-ПК-11.1	З, СК-8, КИ-12
	В-ПК-11.1	З, СК-8, КИ-12
ПК-2	З-ПК-2	З, СК-8, КИ-12
	У-ПК-2	З, СК-8, КИ-12
	В-ПК-2	З, СК-8, КИ-12
ПК-3	З-ПК-3	З, СК-8, КИ-12
	У-ПК-3	З, СК-8, КИ-12
	В-ПК-3	З, СК-8, КИ-12
ПК-4	З-ПК-4	З, СК-8, КИ-12
	У-ПК-4	З, СК-8, КИ-12
	В-ПК-4	З, СК-8, КИ-12
ПК-6	З-ПК-6	З, СК-8, КИ-12
	У-ПК-6	З, СК-8, КИ-12
	В-ПК-6	З, СК-8, КИ-12
УК-1	З-УК-1	З, СК-8, КИ-12
	У-УК-1	З, СК-8, КИ-12
	В-УК-1	З, СК-8, КИ-12

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		B	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твёрдо знает

<table>
<tr><td>75-84</td><td rowspan="2"></td><td>C</td><td rowspan="3">материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос.</td></tr>
<tr><td>70-74</td><td rowspan="2">D</td></tr>
<tr><td>65-69</td><td rowspan="3">3 – «удовлетворительно»</td><td rowspan="3">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.</td></tr>
<tr><td>60-64</td><td>E</td></tr>
<tr><td>Ниже 60</td><td>2 – «неудовлетворительно»</td><td>F</td><td>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.</td></tr>
</table>

8. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. ЭИ B55 A Course in Mathematical Statistics and Large Sample Theory : , New York, NY: Springer New York, 2016

2. ЭИ H75 Introduction to Scientific Computing and Data Analysis : , Cham: Springer International Publishing, 2016

3. ЭИ M82 Monte Carlo and Quasi-Monte Carlo Methods : MCQMC, Leuven, Belgium, April 2014, Cham: Springer International Publishing, 2016

4. ЭИ L75 Programming for Computations - MATLAB/Octave : A Gentle Introduction to Numerical Simulations with MATLAB/Octave, Cham: Springer International Publishing, 2016

5. ЭИ L80 Statistical Methods for Data Analysis in Particle Physics : , Cham: Springer International Publishing, 2016

6. ЭИ H61 Анализ данных : учебное пособие для вузов, Москва: НИЯУ МИФИ, 2012

7. ЭИ П 60 Компьютерное моделирование физических процессов в пакете MATLAB : учебное пособие, Санкт-Петербург: Лань, 2011

8. ЭИ К 31 Численные методы квантовой статистики : учебное пособие, Москва: Физматлит, 2010

9. ЭИ С12 Метод Монте-Карло : учебное пособие для вузов, , Москва: НИЯУ МИФИ, 2011

10. 519 К85 Метрический анализ и обработка данных : учебное пособие, А. В. Крянев , Г. В. Лукин, Москва: Физматлит, 2012

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, В. О. Тихомиров, Москва: МИФИ, 2007

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

9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

1. Компьютерная аудитория ()

10. 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.

11. 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